



中国制冷简报

2024年第6期 总第130期

KONG INTELLIGENT BUILDING
美控·赋宇新生

Midea 楼宇科技

广告

美控·自控阀门

美的自控阀门和执行器，涵盖风盘电动二通阀、电动蝶阀、电动球阀、智慧阀等，专为暖通空调行业设计，有效解决阀门泄漏、安装困难、调试繁琐等问题，搭配美的空调设备和自控系统，为客户提供全面的楼宇控制方案。

主销产品



风盘电动二通阀



电动蝶阀



电动球阀



电动调节阀



智慧阀



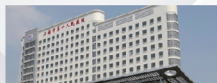
风阀执行器

应用案例

医疗康养



上海市同济医院



上海市第十人民医院



上海嘉会国际医院



和祐国际医院

轨道交通



贵阳地铁三号线



广州地铁天河公园&苏元站

商业公建



德清地理信息小镇



花旗集团大厦



雄安自贸区试验区



广州医科大学新造校区

洁净工程



西安启迪儿童医院



良信海盐工厂电子车间

上海美控智慧建筑有限公司

美控依托美的集团在全球的研发、制造、服务能力，持续在建筑智能化领域的进行研发和实践，提供从楼宇自控系统产品、到智能化设计施工、洁净工程及数智与双碳咨询等全生命周期服务。

联系电话：021-60820878 18521590924



美控·赋宇新生

不仅赋予建筑新生命 也服务于生命本身





北京华源泰盟节能设备股份有限公司

Beijing Hua Yuan Tai Meng Energy Saving Equipment Co., Ltd.

国家技术发明奖二等奖 北京市科学技术奖一等奖

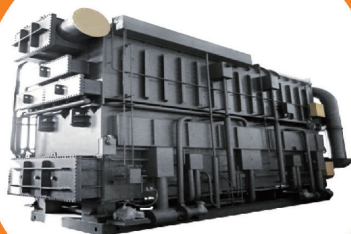
电厂 冷凝热回收 燃气/燃煤 烟气余热深度回收 大温差 换热
回收低品位余热 提高热源供热能力 消除冒白烟现象 提高管网输送能力

I 余热暖民·关键设备



燃气/燃煤烟气余热深度回收机组

- ◆将排烟温度降低至30℃以下
- ◆提高锅炉效率10%以上
- ◆消除冒白烟现象,
- ◆降低排烟中粉尘、NO_x、SO₂等污染物浓度



余热回收专用机组

- ◆提高电厂供热能力30%以上
- ◆降低供热能耗40%
- ◆节能 节水 减排



吸收式大温差换热机组

- ◆将一次网回水温度降至20℃
- ◆提高既有管网输送能力
- ◆节约新建管网的投资, 免除回水管网的保温措施

II 余热暖民·典型案例

目前, 产品已经成功应用于大同市城市级大温差改造工程、太原市大温差长输供暖改造工程、大唐云冈电厂、中电投通辽第二发电厂、永安热力沙河燃气锅炉房、北京未来城燃气电厂、济南北郊燃煤电厂等百余项工程。

大唐云冈热电厂

- ◆回收余热: 480MW
- ◆增大供暖面积: 860万m²
- ◆年节约标煤: 28万吨
- ◆减少CO₂排放: 69万吨
- ◆减少SO₂排放: 2.1万吨
- ◆减少NO_x排放: 1.1万吨

太原市大温差长输供暖改造工程

- ◆增加供热面积5200万m²
- ◆年节约标准煤105万吨
- ◆年减排二氧化碳260万吨
- ◆年减排二氧化硫7.9万吨
- ◆年减排氮氧化物3.9万吨

济南北郊热电厂烟气余热深度回收工程

- ◆回收余热: 16MW
- ◆增加供热面积: 37万m²
- ◆年节约标煤: 6500吨
- ◆减少CO₂排放: 16000吨
- ◆减少SO₂排放: 489吨
- ◆减少NO_x排放: 245吨



华源泰盟
HYTM

北京华源泰盟节能设备有限公司

Beijing Hua Yuan Tai Meng Energy Saving Equipment Co., Ltd.

地址: 北京市海淀区北四环中路283号2幢 (智优沃科技大厦) 3层

电话: 010-62701509 010-82432231

网址: www.powerbeijinghytm.com

邮箱: qiaoyu@powerbeijinghytm.com





山东华商亿源制冷空调工程有限公司隶属于中粮科工股份有限公司(中粮集团骨干公司之一, 股票代码:301058), 创立于1989年;注册资金6000万;公司总部位于济南高新开发区, 下设北京分公司、华南办事处、安徽办事处等。公司具备咨询、工程设计、设备研发与制造、设备成套供货与安装、技术培训、智慧运维的全过程系统集成服务能力。拥有经验丰富的专业设计团队、工程项目经理、专业技术人员、施工管理团队和稳定的施工劳务队伍, 可实现农粮食品、冷链物流、冰雪、特种制冷、能源中心等项目的全生命周期一站式服务。

农粮食品和冷链物流行业 机电系统解决方案专家

- 01 建筑机电安装工程专业承包一级 ☆
- 02 防水防腐保温工程专业承包一级 ☆
- 03 电子与智能化工程专业承包二级 ☆
- 04 建筑装饰装修工程专业承包二级 ☆
- 05 机电工程施工总承包二级 ☆
- 06 建筑工程施工总承包二级 ☆
- 07 工业管道GC2设计、安装 ☆



目录 CONTENTS

学会动态

01. 中国制冷学会第十一次会员代表大会在京召开



02. 中国制冷学会十一届一次理事会会议在京召开

03. 中国制冷学会二届一次监事会会议在京召开

04. 中国制冷学会十一届一次常务理事会议在京召开

05. 中国制冷学会新增会员名单

06. 2024“制冷在你身边”全国科普日系列活动成功举办

07. 国家高技能人才培养制冷工培训在呼和浩特市和林格尔县顺利召开

08. 中国制冷学会组织专家赴冰轮环境开展科技评估工作

09. 第五届全国建筑环境与能源应用工程专业青年教师讲课技能竞赛颁奖礼成功举办

09. 欢迎关注“制冷学报”“中国制冷简讯”微信公众号

10. 《中国数据中心冷却技术年度发展研究报告（2023版）》电子版发布

10. “冷冻冷藏设备制冷剂替代和良好操作行为培训”女性专班在安徽省合肥市顺利举行

地方学会之窗

11. 北京制冷学会举办第三十一届集中式空调高级研讨会暨清洁能源供暖研讨会

11. 第二届低碳技术应用论坛在重庆举办

会议通知

12. 2025年第十届压缩机与制冷国际会议第一轮通知

12. 2025中国制冷学会学术年会（CAR2025）第一轮通知

13. 2025数据中心冷却高峰论坛（大湾区）第一轮通知

14. “CHPC·中国热泵”2024国际热泵及新能源节能产业发展论坛第一轮参会通知

14. 2024中国热泵大会主题报告视频回放通知

政策法规

15. 工业和信息化部印发《智能制造典型场景参考指引（2024年版）》

19. 国务院办公厅发布意见 强化产地预冷、冷链物流设施建设

19. 农业农村部印发《全国智慧农业行动计划（2024—2028年）》

科技前沿

20. 北航赵立东教授团队在《Science》发表热电材料研究重要进展

Science Current Issue First release papers Archive About Submit manuscript

HOME > SCIENCE > VOL. 386, NO. 6719 > THE DEVELOPMENT AND IMPACT OF TIN SELENIDE ON THERMOELECTRICS

REVIEW THERMOELECTRICS

The development and impact of tin selenide on thermoelectrics

NINGCHANG QIN, MERCOURE G. KANATZIDIS, AND LEONING ZHANG Authors Info & Affiliations

SCIENCE • 18 Oct 2024 • Vol 386, Issue 6719 • DOI:10.1126/science.adg2444

CHECK ACCESS

Editor's summary

Thermoelectric materials interconvert heat and electricity, making them useful for both power generation and cooling. Qin *et al.* present an overview of recent developments in this field, driven in part by the discovery of tin selenide, a narrow-gap semiconductor that was not an obvious choice as a thermoelectric material. However, a decade ago, tin selenide was shown to have a high thermoelectric efficiency. That discovery and further refinement of this compound have been important for developing a new generation of thermoelectric materials and devices. — Brent Grocholski



《中国制冷简报》着重介绍中国制冷、空调、供暖、通风及相关领域的各类信息，旨在推动科技创新，推广应用技术，报道行业动态，促进业内交流，为我国制冷事业的发展服务，为学术及技术交流服务，为培养专业人才服务。

主办单位：中国制冷学会

主 编：常 琳

副 主 编：范 薇

编辑部主任：范 薇

编 辑：邵月月

编辑部副主任：王亚薇 田 甜

通 讯 员：陈 晨 陈筑平 戴娜丹 窦克松 黄浩良 江 山
金国涛 李 朋 李 雯 李锡石 李宥庭 刘国祥
刘 卓 马 琪 彭园媛 施乃蓉 宋佳宁 隋继学
孙亚娟 孙志利 谈 筠 唐 棣 王保锋 王柯增
王立群 王 派 王若虚 王晓童 王 怡 吴丽婷
肖 伦 严文婷 杨永安 张志强 赵春晨 赵中齐
郑戈雅 郑 微 邹培培

编辑部联系方式

地址：北京市海淀区阜成路67号
银都大厦10层
邮编：100142
电话：010-68463224
传真：010-68434679
邮箱：wfan@car.org.cn



广告索引

封面 上海美控智慧建筑有限公司
封底 2025年中国制冷展
封二 北京华源泰盟节能设备有限公司
封三 《制冷学报》、《中国制冷简报》广告征集启事
首插页 山东华商亿源制冷空调工程有限公司

版权声明：凡本刊发表的文章、图片，未经本刊允许不得转载。经本刊同意授权刊登，应注明出处，向本刊编辑部及作者邮寄样刊，并向作者寄发稿酬。

22. 香港科技大学林崇佳、黄宝陵团队发表《将辐射制冷技术推向实际应用领域》论文对各类辐射制冷解决方案系统评估

25. Nature Communications: 降温15℃！连锁反应驱动低成本光伏冷却

29. 协同辐射冷却/吸放热反应的25℃温控薄膜

国际资讯

34. 可持续冷却——如何在削减排放的同时满足制冷需求（三）

行业动态

44. 以旧换新政策红利逐步释放 制冷空调设备销售整体向好

44. 落基山研究所发布《碳中和背景下我国建筑领域发展的新机遇》报告（一）

企业纵览

47. 冰轮环境助力第四代核反应堆建设关键部件研发成功

47. 第二十二届“MDV中央空调设计应用大赛”颁奖典礼在浙江湖州举行

48. 第三届霍尼韦尔绿色发展峰会在南京举办以新“碳”力推动能源转型

49. 比泽尔中国研发大楼正式开始启用

中国制冷学会第十一次会员代表大会在京召开



图1 中国制冷学会第十一次会员代表大会开幕

2024年10月18日，中国制冷学会第十一次会员代表大会在北京裕龙御柏国际酒店召开，来自全国各省、市、自治区的231名会员代表出席会议。会议由学会第十届理事会理事长江亿致开幕词，中国科协党组副书记、专职副主席、书记处书记束为到会并致辞。学会第十届理事会副理事长兼秘书长李晓虎主持会议并作了《中国制冷学会第十一次会员代表大会筹备经过报告》。

会议审议通过了总监票人和监票人建议名单并以无记名投票的方式表决通过了由孟庆国高级顾问所作的《中国制冷学会第十届理事会工作报告》和《中国制冷学会第十届理事会财务报告》，由金嘉玮监事长所作的《中国制冷学会第一届监事会工作报告》，由荆华乾副秘书长所作的《中国制冷学会章程修订草案及修订说明》。

《中国制冷学会第十届理事会工作报告》以“挺膺担当，做好四个服务 创新发展，争创一流学会”为题，详细阐述了中国制冷学会第十届理事会以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入学习贯彻党的十九大、二十大精神，深刻把握新形势、新目标、新要求、新任务，团结带领广大科技工作者主动作为，开拓创新，通过党的组织建设和政治引领，促进学会事业的发展，做好学术引领、促进学术繁荣，强化服务意识、提升服务价值；总结了四年工作中的经验、体会及不足，诚挚感谢相关部门及第十届理事会理事给予的大力支持与帮助，并向第十一届理事会

提出工作建议。

会议听取了由王从飞副秘书长所作的《中国制冷学会第十一届理事会理事候选人情况分析报告》，宣读并通过了由常琳副秘书长所作的《中国制冷学会第十一次会员代表大会选举办法》。

会议由李晓虎副理事长兼秘书长宣布选举结果并致闭幕词。中国制冷学会第十一次会员代表大会共发放选票231张，收回选票231张，有效选票228张，无效选票3张，弃权选票0张，所有理事、监事候选人得票均超过到会代表人数的1/2，最终选举产生中国制冷学会第十一届理事会理事159名和中国制冷学会第二届监事会监事5名。



图2 中国科协党组副书记、专职副主席、书记处书记束为致辞



图3 学会第十届理事会理事长江亿致开幕词



图4 学会第十届理事会副理事长兼秘书长李晓虎主持会议



图5 会员代表填写选票



图6 会员代表投票



图7 向离任的理事长、监事长、副理事长、副监事长及常务理事代表献花

会上，肖杨副秘书长宣读了《致中国制冷学会第十届理事会的致敬信》。随后，荆华乾副秘书长、王从飞副秘书长、常琳副秘书长、肖杨副秘书长一起向离任的理事长、监事长、副理事长、副监事长及常务理事代表献花，衷心感谢他们为学会发展所作出的贡献。

中国制冷学会十一届一次理事会会议在京召开

10月18日，继中国制冷学会第十一次会员代表大会之后，中国制冷学会第十一届一次理事会会议在北京裕龙御柏国际酒店召开。会议由学会第十届理事会副理事长兼秘书长李晓虎主持，155名理事参加会议。

会议按照中国制冷学会第十一次会员代表大会的选举办法，审议通过了总监票人和监票人建议名单，

并以无记名投票的方式选举出53名常务理事及12名副理事长和理事长。会议共发放选票155张，收回选票155张，有效选票150张，无效选票5张，弃权选票0张，上述人员得票数均超过到会理事总数的2/3，所有常务理事、副理事长、理事长候选人当选。西安交通大学何雅玲院士当选为中国制冷学会第十一届理事会



图1 中国制冷学会第十一届一次理事会会议召开

理事长；李晓虎、王如竹、李先庭、田旭东、王斌、温克学、赵宝国、蔡力勇、路宾、方祥建、宫赤霄、公茂琼共12名理事当选为中国制冷学会第十一届理事会副理事长。

会上还以无记名投票的方式表决通过了由何雅玲理事长提名聘任李晓虎副理事长作为中国制冷学会第十一届理事会秘书长和委托法定代表人。

何雅玲理事长指出：全球碳达峰、碳中和的进程正在加速推进，制冷学科和制冷产业面对大量新挑战的同时，也迎来了重要的发展机遇。“双碳”目标下能源转型的大趋势使制冷学科不断拓展其内涵和外延，新技术、新业态不断涌现，制冷科技有了更广阔的舞台和天地。学会要坚持学术引领，加强产学研融合、产教融合工作，大力支持技术创新，注重青年人才培养。面对新形势，希望学会理事会的行业专家、



图2 中国制冷学会第十一届理事会理事投票

企业家更加积极地承担学会工作，把学会事业推向新的高峰；学会秘书处要继续发扬勤奋踏实的工作作风，不断加强自身建设，建立完善适应新形势的工作机制、组织协调机制，发挥好各专业委员会、工作委员会的作用，发挥好专家的作用。



图3 何雅玲理事长发表重要讲话

中国制冷学会二届一次监事会会议在京召开



10月18日，中国制冷学会第二届一次监事会会议在北京裕龙御柏国际酒店召开。会议由刘长永主持，5名监事参加会议。

会议按照中国制冷学会第十一次会员代表大会的选举办法，审议通过了监票人建议名单，并以无记名投票的方式选举出中国制冷学会第二届监事会监事长、副监事长。会议共发放选票5张，收回选票5张，有效选票5张，无效选票0张，弃权选票0张，上述人员均获得全票。刘长永当选为中国制冷学会第二届监事会监事长，王则金、申江当选为副监事长。

刘长永监事长在讲话中表示，学会第二届监事会将认真履行职责，按照中国科协、民政部相关文件指导精神，不断完善工作机制，推进监事会工作规范化、制度化。监事会也将加强与学会理事会、常务理事会的联系，及时交换工作情况，充分发挥监事会监督作用，为中国制冷学会健康有序发展作出积极贡献。

中国制冷学会十一届一次常务理事会会议在京召开

10月18日，中国制冷学会第十一届一次常务理事会会议在北京裕龙御柏国际酒店召开，会议由何雅玲理事长主持，51位常务理事参会。会议讨论并通过了由何雅玲理事长提名的学会名誉理事长、名誉副理事长人选和由李晓虎秘书长提名的学会秘书处专职副秘书长和各专业委员会主任人选。



何济海、田元兰、金嘉玮、江亿为名誉理事长；张和、于元波、樊高定、穆传江、陈学东、纪志坚、李增群、王祥雨、刘挺、黄辉、周远、王浚、陶文铨、肖大海、吴德绳、丁杰、王强、徐鸿、谭建明为名誉副理事长；荆华乾、王从飞、常琳、肖杨为专职

副秘书长；公茂琼、田旭东、王斌、温克学、路宾、宫赤霄分别为低温、制冷机械设备、冷藏冻结、冷藏运输、空调热泵、小型制冷机低温生物医学专业委员会主任。

附：

中国制冷学会第十一届理事会名单

名誉理事长：

何济海 田元兰 金嘉玮 江 亿

名誉副理事长：

张 和 于元波 樊高定 穆传江 陈学东 纪志坚
李增群 王祥雨 刘 挺 黄 辉 周 远 王 浚
陶文铨 肖大海 吴德绳 丁 杰 王 强 徐 鸿
谭建明

理事长：何雅玲

副理事长：

李晓虎 王如竹 李先庭 田旭东 王 斌 温克学
赵宝国 蔡力勇 路 宾 方祥建 宫赤霄 公茂琼

秘书长：李晓虎（兼）

常务理事：（按姓氏笔画排序）

马 进 马国远 王从飞 王如竹 王 斌 公茂琼
方祥建 石文星 卢 军 田长青 田旭东 冯向军
冯 飏 邢子文 成建宏 刘圣春 刘 猛 江 亿
李山峰 李先庭 李安桂 李晓虎 李晓燕 杨 毅
吴献忠 旷玉辉 邱利民 何雅玲 张小松 张文强
张 华 张 旭 张建忠 陈 玲 国德防 罗二仓

罗 彬 孟庆国 赵宝国 荆华乾 施 俊 宫赤霄
袁艳平 徐 伟 唐俊杰 黄 翔 黄 煜 曹 锋
蒋 立 温克学 路 宾 蔡力勇 潘云钢

理事：（按姓氏笔画排序）

丁剑波 马 进 马国远 马金平 王云峰 王从飞
王 立 王如竹 王 昕 王宝龙 王春雷 王 犁
王 斌 巨永林 公茂琼 方真健 方祥建 尹从绪
石文星 卢 军 卢智涛 田长青 田 华 田旭东
田 琦 冯向军 冯 飏 邢子文 成建宏 朱景波
刘广海 刘圣春 刘 华 刘 鸣 刘金平 刘建如
刘俊杰 刘晓华 刘 猛 刘 斌 刘 静 刘德刚
闫立新 闫春杰 江 亿 孙志利 孙 颖 孙 静
劳春峰 李山峰 李永安 李先庭 李安桂 李红旗
李 进 李 杰 李明佳 李建军 李晓虎 李晓燕
李银健 李舒宏 李夔宁 杨 玲 杨 毅 肖 伦
吴亦农 吴献忠 旷玉辉 邱向伟 邱利民 邱锦光
何远新 何国庚 何雅玲 邹慧明 沈 俊 张小松
张文强 张 华 张 旭 张志勇 张秀平 张忠斌
张建忠 张树前 张信荣 张 浩 张 萍 陈 玲
陈荣华 陈祖铭 陈晓屏 陈焕新 陈焰华 范晓伟
国德防 罗二仓 罗高乔 罗 彬 周 丹 周 易
周 威 周凌云 周 翔 周 雷 郑竺凌 郑锦民
孟庆国 赵 亘 赵宝国 荆华乾 钟 明 施 俊

姜立涛 宫赤霄 胥 义 姚 杨 骆名文 袁艳平
 晏 刚 徐 伟 徐言生 徐荣吉 徐稳龙 徐震原
 殷光文 高亚锋 高 波 高 然 高 强 唐俊杰
 黄永华 黄孝军 黄 翔 黄 煜 曹晓玲 曹 锋
 龚光彩 崔明辉 隋继学 蒋 立 蒋修英 韩吉田
 韩晓红 温克学 谢 晶 雷勇刚 路 宾 褚 毅
 蔡力勇 蔡德洪 裴 刚 管佳佳 廖胜明 樊海彬
 潘云钢 冀文涛 戴 巍

中国制冷学会第二届监事会名单

监事长：刘长永
 副监事长：王则金 申 江
 监事：陈光明 厉彦忠

中国制冷学会各专业委员会主任名单

1. 低温专业委员会：公茂琼
2. 制冷机械设备专业委员会：田旭东
3. 冷藏冻结专业委员会：王 斌
4. 冷藏运输专业委员会：温克学
5. 空调热泵专业委员会：路 宾
6. 小型制冷机低温生物医学专业委员会：宫赤霄

中国制冷学会秘书处

秘书长：李晓虎（兼）
 副秘书长：荆华乾 王从飞 常 琳 肖 杨

中国制冷学会第十一届理事会理事长何雅玲简介

何雅玲：女，1963年9月，西安交通大学学术委员会主任、国家储能技术产教融合创新中心主任，中国科学院院士、教授。1985年、1988年、2002年分别获得西安交通大学学士学位、硕士学位、博士学位，1988年起在西安交通大学任教。中国共产党第十九届、二十届中央委员会候补委员。中国科学院院士，国家杰青，教育部长江学者，国家级教学名师，国家万人计划领军人才等。曾获何梁何利科学与技术进步奖，国家科学技术进步奖一等奖（创新团队奖）1项，国家自然科学二等奖2项，国家技术发明二等奖1项，省部级科技一等奖3项，国家教学成果一等奖3项、二等奖2项等。出版中英文著作和教材14部，在国际著名学术期刊上发表英文SCI论文600余篇，获授权发明专利90余件，软件著作权30余件，论著和成果被引37,000余次，SCI被引27,000余次，是“全球高被引科学家”（前1%），带领的团队获国家自然科学基金委创新群体、教育部创新团队及全国高校黄大年式教师团队等。

中国制冷学会新增会员名单

单位会员	单位名称		单位名称	
	山东盛和制冷设备有限公司		沧州进展化工有限公司	
	北京市特种设备检验检测研究院 (北京市特种设备事故调查处理事务中心)		山商环境科技(山东)有限公司	
	江苏远卓设备制造有限公司			
高级会员	姓名	单位	姓名	单位
	贾欣雨	太原理工大学	伍赛特	上海汽车集团股份有限公司商用车技术中心
	徐 辉	开利空调冷冻研发管理(上海)有限公司	赵延兴	中国科学院理化技术研究所
	石润富	开利上海研发中心	贾 朋	中国科学院理化技术研究所
	周世强	北京理工大学	郑文科	哈尔滨工业大学
	刘洪胜	开利上海研发中心	于国清	上海理工大学
	王洪飞	北京锐发新能源技术有限公司	马启成	山东新翔生新材料科技有限公司
	潘长钊	深圳国际量子研究院	孟现阳	西安交通大学
	陈 伟	青岛科技大学	李 爽	冰山冷热科技股份有限公司
	刘吉舟	瀛德(天津)冷链产业有限公司	何华明	澳蓝(福建)实业有限公司
	陆新林	天津三电	王德昌	青岛大学

2024 “制冷在你身边” 全国科普日系列活动成功举办

在中国科学技术协会的指导下，中国制冷学会积极协调各地方制冷学会、中国制冷学会科普教育基地和其他制冷行业企事业单位参加以“制冷在你身边，前沿科技助力冷暖生活”为主题的2024年全国科普日系列活动。

学会科普部分别与陕西省科学技术协会、湖北省科学技术协会签订合作协议并联合举办两场全国科普日专题讲座，并与生态环境部对外合作与交流中心、中国科学院理化技术研究所等开展科普合作，从8月1日—10月16日在全国举办了10场高端前沿科普讲座。

此外，学会还联合各个地方制冷学会及34家科普教育基地共同开展科普工作。学会科普部主任李晋灏策划并积极推进全国科普日活动。据统计，今年全国科普日开展的“制冷在你身边”相关科普活动有：1）

以中国制冷学会科普教育基地为主，利用已有的各类科普场馆、企事业单位展示厅等举办23场“千馆展览探未来”展馆开放日活动。2）由学会主办10场，地方制冷学会和各科普教育基地举办17场以“万场报告话前沿”为专题的科普讲座活动。3）各地方制冷学会和各科普教育基地举办“千万IP创科普”等科普重点活动77场次。其中上海制冷学会、河南省制冷学会、山西省制冷学会在省内地多各自开展多场次活动。

活动期间，学会向各地方制冷学会、各科普教育基地及参与活动的相关单位免费配发各类科普读物11150本。据统计，参与各类活动的专家志愿者（副高级以上）266人次，普通志愿者805人次，累计参与活动人数24060人次，创历史新高。



附件：万场报告话前沿——中国制冷学会高端前沿科普报告

序号	报告名称	主讲人	单位	职务职称	时间	地点
1	mK 温区制冷技术及最新进展	戴巍	中国科学院理化所	研究员	2024.8.9	云南
2	极地海水变化中的物理过程	卢鹏	大连理工大学	教授	2024.8.17	北京
3	采用先进热泵技术降低电动汽车续航里程衰减	李先庭	清华大学	教授	2024.8.30	深圳
4	《蒙特利尔议定书》履约形式及制冷行业履约进展	滑雪	生态环境部对外合作与交流中心履约一处	高级项目主管	2024.9.13	北京
5	新能源汽车自然工质热泵研究进展	杨天阳	中国科学院理化技术研究所	博士 / 助理研究员	2024.9.13	北京
6	低碳绿色发展、智慧冷热互联	侯丽艳	中国制冷学会冰轮环境技术有限公司科普教育基地	设计部总监	2024.9.20	西安

7	汽车空调行业 HFCs 减排潜力与挑战	邹慧明	中国科学院理化技术研究所	研究员	2024.9.20	北京
8	无处不在的制冷技术	陈焕新	华中科技大学	教授	2024.9.23	武汉
9	二氧化碳跨临界热泵在冷链和食品加工方面的应用	曹锋	西安交通大学能动学院	党委书记 / 教授	2024.9.23	北京
10	绿色暖通数智化 AI 应用	张鑫	天津华泰机电技术有限公司	总经理	2024.10.9	天津
11	老百姓用得起、又放心的零碳供冷供热先进技术：我们能做到吗？	魏庆芑	清华大学	教授	2024.10.16	重庆

(李晋灏 供稿)

国家高技能人才培养制冷工培训在呼和浩特市和林格尔县顺利召开

2024年9月9日—13日、9月19日—20日，由内蒙古蒙牛乳业（集团）股份有限公司委托中国制冷学会提供技术支撑的国家高技能人才培养制冷工培训在呼和浩特市和林格尔县顺利召开，共有来自全国各地线上线下800余人参加。

中国制冷学会副秘书长王从飞主持开班仪式。中国制冷学会副理事长、工程能力评价工作委员会副主任委员刘长永，中国科学院理化技术研究所研究员田长青，蒙牛呼秀齐安环专业线负责人张占庭，常温技术专业中心负责人张俊龙，呼秀齐运营管理组总中心负责人董冠军，呼秀齐能源教学教研组组长刘慧敏，蒙牛能源技术工程师朱自清，中国制冷学会社会服务部主任王丹等出席活动。

中国制冷学会副理事长、工程能力评价工作委员会副主任委员刘长永，蒙牛呼秀齐安环专业线负责人张占庭，常温技术专业中心负责人张俊龙，呼秀齐运营管理组总中心负责人董冠军，中国科学院理化技术研究所研究员田长青分别致辞。

7天培训为学员们量身选配了来自高校、设计院所、设备生产厂家的专家及蒙牛集团内部的专家授课，充分发挥丰富的教学经验和工程实践经验。培训班邀请天津商业大学杨永安教授授课“基础理论”，天津商业大学刘斌教授授课“制冷系统设计”，陕西省商业学校杨美霞高级工程师授课“食品冷冻冷藏工艺”“制冷系统运行管理”，纳尔科中国环保技术服务有限公司关子洋技术顾问授课“循环冷却水处理技术”，华商国际工程有限公司张伟教授级高级工程师授课“氨制冷系统合规专题”“配电系统技术管理”，内蒙古工业大学马广兴教授授课“空调系统技术管理”，纳尔科中国环保技术服务有限公司刘玉铁技术顾问授课“膜处理技术”，内蒙古蒙牛乳业（集团）股份有限公司张占庭高级工程师授课“氨制冷系统安全运行管理”。此外，培训班还组织了由冰山冷热科技股份有限公司刘兆峰教授级高级工程师讲授的为期2天的实操课程，内容涉及“螺杆压缩机的装配、日常维护、操作及故障处理”“冷库运行管理”。

为期7天的专业培训，得到学员一致好评反馈。蒙牛表示，制冷技术人员长期工作在工厂一线，是蒙牛制冷系统高技能人才队伍的后备力量，也是蒙牛制冷系统节能降耗可持续发展的坚实后盾。通过这次培训使蒙牛制冷系统一线专业技术人员的整体理论水平和实操能力更上一层楼，为培养一支专业自主维护、智能合规运行和富有创新力的专业技术人才队伍奠定扎实基础。

(王丹 供稿)



中国制冷学会组织专家赴冰轮环境开展科技评估工作



2024年9月25日，冰轮环境、西安交通大学、冰轮节能科技以及中国科学院广州能源研究所联合研制的“大温升多轴多级离心式热泵”“高浓度（淡水）絮状冰浆可泵送堆叠机组”顺利通过由中国制冷学会组织的科技评估会议。

中国科学院何雅玲院士担任本次科技评估专家组组长。专家组由来自中国制冷学会、上海理工大学、清华大学、中国科学院理化技术研究所、天津大学、哈尔滨工业大学及东南大学等单位的专家组成。此次科技评估会议由中国制冷学会副秘书长王从飞主持。



中国科学院何雅玲院士



中国制冷学会高级顾问孟庆国教授级高工

冰轮环境党委副书记、总裁赵宝国作为项目组代表致欢迎辞，并向与会专家阐述了冰轮环境的创新文化与发展理念。

专家组听取了两项新产品技术总结报告，审查了相关文件，经过质询与论证，形成以下结论：“大温升多轴多级离心式热泵”整体技术达到了国际领先水平；“高浓度（淡水）絮状冰浆可泵送堆叠机组”整体技术达到国际先进水平，其中淡水絮状冰浆输送浓度达到国际领先水平。

“大温升多轴多级离心式热泵”开发了多轴异步串联、可控流线曲率三元流叶轮，研制了热泵用多轴高速齿轮箱，研发了基于优先级评定模型的变工况多级补气协同控制技术，创新研制出120K温升的多轴多级离心式热泵机组，可实现140℃制热供给。“高浓度（淡水）絮状冰浆可泵送堆叠机组”开发了过冷水可控相变技术，研发了絮状冰晶的团聚消散技术和板带冰浆提取浓缩装置，实现了高浓度冰浆的均质调控及高浓度淡水冰浆的数公里输送和端至多点的创新应用。

第五届全国建筑环境与能源应用工程专业青年教师讲课技能竞赛颁奖礼成功举办

2024年10月23日，第五届全国建筑环境与能源应用工程专业青年教师讲课技能竞赛颁奖礼在浙江湖州第二十四届全国暖通空调制冷学术年会期间成功举行。竞赛由教育部高等学校建筑环境与能源应用工程专业教学指导分委员会和中国制冷学会共同主办，旨在推动全国高校建筑环境与能源应用工程专业青年教师的专业发展和教学能力提升，提高教学效果和教学质量，增强本专业青年教师的相互学习和交流。本届竞赛为第五届，青岛海信日立空调系统有限公司提供独家支持，暖通空调为合作媒体。

中国工程院院士、中国制冷学会名誉理事长、清华大学江亿教授；建环教指委主任、清华大学朱颖心教授；建环教指委副主任、哈尔滨工业大学姚杨教授，建环教指委副主任、沈阳建筑大学冯国会教授，建环教指委副主任、天津大学张欢教授；中国制冷学会副秘书长王从飞；青岛海信日立空调营销股份有限公司副总经理刘涛；建环教指委委员、西安建筑科技大学李安桂教授，建环教指委委员、青岛理工大学胡

松涛教授，建环教指委委员、太原理工大学杜震宇教授，建环教指委委员、同济大学李峥嵘教授，建环教指委委员、山东建筑大学张林华教授，建环教指委委员、长安大学李彦鹏教授等嘉宾，以及来自于各院校的百余位嘉宾出席颁奖礼。

朱颖心教授、刘涛总经理进行致辞。张欢教授对第五届竞赛开展情况进行了详细的介绍，并对竞赛中发现的教学问题进行总结。本届竞赛共有来自28所院校的40位教师报名参赛，经过三轮评审，专业基础课角逐出特等奖1人，一等奖2人，二等奖3人，三等奖2人；专业课角逐出特等奖1人，一等奖1人，二等奖4人，三等奖3人。

最后，中国制冷学会名誉理事长江亿院士致感谢辞。至此，第五届全国建筑环境与能源应用工程专业青年教师讲课技能竞赛颁奖礼圆满落幕。

颁奖礼由中国制冷学会副秘书长王从飞主持。



朱颖心教授、江亿院士分别为专业基础课和专业课特等奖颁奖



欢迎关注“制冷学报”“中国制冷简讯”微信公众号

“制冷学报”微信公众号自2016年12月14日创立，发布目次、摘要、推荐论文、虚拟专刊以及制冷、空调、通风、供暖等相关行业信息动态。“中国制冷简讯”微信公众号自2022年7月21日创立，依托学会《中国制冷简报》杂志的内容资源，旨在为制冷行业广大从业者提供优质、高效的内容服务，目前中国制冷简报公众号下设学会动态、政策法规、地方学会之窗、活动通知、专题报道、国际资讯、

科技前沿、行业动态、企业纵览、特别关注等板块，欢迎大家关注。



（制冷学报）



（中国制冷简讯）

《中国数据中心冷却技术年度发展研究报告》（2023 版） 电子版发布



数据中心是数据存储及运营维护的基础载体，具有能耗强度高、能耗总量大的特点，是节能降碳工作的重点关注对象。当前小微数据中心能效很低，中型数据中心和早期建设的大型数据中心有较大的能效提升空间，即便是近年来新建的大型数据中心的能效依然还有继续挖掘的潜力。

所涉及问题的对比即可发现自身数据中心冷却系统的绝大多数节能潜力。本报告基于大量实际工作，可以为中小型数据中心运维人员编制管理手册和节能方案提供参考，具有一定的参考价值。

中国制冷学会于2015年成立“中国制冷学会数据中心冷却工作组”，对数据中心冷却系统现状、冷却技术发展方向、不同冷却技术的工程应用等进行深入研究。自2016年起，《中国数据中心冷却技术年度发展研究报告》已连续出版8年，对数据中心冷却技术进行全面梳理和跟踪，从系统化介绍逐渐转向技术和设备专项的提升和发展。



（扫描上方二维码，注册免费获取电子版资料）

（张晓宁 供稿）

《中国数据中心冷却技术年度发展研究报告》（2023版）结合数据中心行业整体发展趋势、从IT设备到冷源的冷量输配问题和解决途径、冷源系统能效提升空间和实现措施、数据中心运维重点和要点、中小型数据中心冷却系统优化案例等方面开展了系统性的研究。各中小型数据运维管理人员通过对本报告内

“冷冻冷藏设备制冷剂替代和良好操作行为培训”女性专班在安徽省合肥市顺利举行



2024年11月2—4日，由联合国环境规划署支持，生态环境部对外合作与交流中心监管，中国制冷学会主办，安徽职业技术学院协办的“冷冻冷藏设备制冷剂替代和良好操作行为培训”女性专班在安徽省合肥市安徽职业技术学院顺利举行。中国制冷学会副秘书长荆华乾教授、安徽职业技术学院副校长张智清教授、无锡市制冷学会秘书长沈学明教授、安徽职业技

术学院智能制造学院党总支组织员陶新南教授同授课专家及31名女性学员出席女性专班开班仪式。培训开班仪式上荆华乾教授、张智清教授分别代表本单位致辞。

根据课程安排，此次培训班邀请了中国制冷学会会员部主任高恩元博士、中国科学院等离子体物理研究所中性束注入研究室谢远来主任、无锡市制冷学会秘书长沈学明教授、安徽职业技术学院崔伟博士、安徽职业技术学院梁莉老师、安徽职业技术学院李邓超老师等授课教师为学员讲授了臭氧层保护与替代制冷剂基础知识及政策法规、制冷维修行业国际履约要求解读、消耗臭氧层物质管理条例解读、ODS制冷剂及替代技术基础知识及国家（行业）标准、冷冻冷藏设备用氨制冷系统良好操作等理论知识，并针对冷冻冷藏设备良好操作进行了实操演练。本次培训得到了参训学员的一致好评。

（吴彤 供稿）

北京制冷学会举办第三十一届集中式空调高级研讨会暨清洁能源供暖研讨会



2024年9月22日，由北京制冷学会、中国建筑科学研究院建科环保科技有限公司主办，北京制冷学会制冷空调专业委员会、制冷设备专业委员会、学术编辑工作委员会承办的“第三十一届集中式空调高级研讨会暨清洁能源供暖研讨会”在中国建筑科学研究院成功举办。本次会议主题为“智能、舒适、绿色、低碳”，近200名相关领域的科研人员、专业技术人员、高校师生等参会。

会议由北京制冷学会副理事长、制冷空调专业委员会主任、中国建筑科学研究院建筑环境与能源研究

院副院长、建科环保科技有限公司副总经理路宾，副理事长、学术编辑工作委员会主任、清华大学教授石文星，常务理事、制冷设备专业委员会主任、大金（中国）投资有限公司总裁助理兼技术开发研究院副院长冯向军共同主持。

开幕式上，北京制冷学会副理事长、中信和业投资有限公司首席机电总监聂美清致辞。会议邀请了北京制冷学会理事、中国建筑科学研究院有限公司建科环保科技有限公司副总经理袁闪闪，北京清华同衡规划设计研究院有限公司主任工程师李永红，学会理事、北京市市政工程设计研究总院轨道地空院副院长李科等9位专家以“建筑清洁降碳系统技术应用”“中国北方城镇低碳供热模式展望及实践”“基于数字孪生技术的多能耦合供暖系统实施要点”等为题作报告。

（北京制冷学会 供稿）

第二届低碳技术应用论坛在重庆举办

2024年9月20日，由重庆市制冷学会与重庆市化学化工学会联合主办的第二届低碳技术应用论坛在重庆举办。本届论坛以低碳技术助力“双碳”目标实现为主题，汇聚了众多行业精英，共同探讨低碳技术的未来发展与应用前景。



重庆市科协创新部段勇部长、重庆市制冷学会理事长卢军教授、重庆市化学化工学会常务副理事长刘仁龙教授以及重庆大学能源与动力工程学院副院长杨仲卿教授等领导在开幕式上致辞。段勇部长在会上传

达学习了重庆市委六届六中全会精神。

主题报告环节，重庆市能源利用监测中心正高级工程师张黎立深入解读推动大规模设备更新和消费品以旧换新的系列政策；美的楼宇科技事业部行业应用中心部长陈改芳分享美的在低碳制冷技术领域的创新成果与应用实践；重庆环际低碳节能技术开发有限公司市场总监李书影聚焦CIMS工业冷端管理系统，深入剖析其在工业节能与智能运维方面的关键技术与应用案例。

论坛还设有能源工业低碳技术应用、化工/建材低碳技术应用以及绿色工厂及高效制冷空调技术应用三个分论坛。各位专家学者在各自领域内分享前沿技术与应用案例。

对话环节，多位行业专家围绕低碳技术的推广应用、技术瓶颈及解决方案等议题展开热烈的讨论。

（重庆市制冷学会 供稿）

2025 年第十届压缩机与制冷国际会议

The 10th International Conference on Compressor and Refrigeration, 2025

第一轮通知

自1993年以来，压缩机与制冷国际会议已成功举办了九届，每届均吸引大量国内外专业人士参与，被公认为是压缩机与制冷领域具有国际影响力的系列会议。该会议旨在搭建一个压缩机及制冷技术的国际交流和信息共享平台，全面展现国内外在压缩机及制冷领域技术创新的优势与成果，并探讨未来研究热点及发展方向。

第十届压缩机与制冷国际会议将于2025年7月9—11日在陕西省西安市举办。本届会议在“双碳”目标背景下，研讨范围将涵盖容积式压缩机、透平式压缩机及其系统，制冷、低温、空调与热泵，以及压缩气体储能、汽车热管理、氢能等领域的最新发展成果及应用方向研究。

一、主办单位：

西安交通大学
中国制冷学会
中国制冷空调工业协会

二、会议主题

- 1、容积压缩机、透平压缩机
- 2、压缩机中的润滑、密封、减振降噪
- 3、制冷、空调及冷冻系统与设备

- 4、热泵与能量回收
- 5、暖通空调与建筑节能技术
- 6、低温系统及设备
- 7、氢能与燃料电池压缩机
- 8、替代工质、天然工质的应用
- 9、新能源汽车热管理技术
- 10、压缩气体储能技术

三、征文要求

- 1、请登陆大会网站：<http://www.iccr-xjtu.org>，在线注册投稿参会。
- 2、论文格式要求详见大会网站。
- 3、摘要投递截止：2025年1月30日。
- 4、全文投递截止：2025年4月15日。
- 5、录用通知截止：2025年5月1日。
- 6、修改稿返回截止：2025年5月15日。

四、联系方式

西安交通大学 能源与动力工程学院
联系人：彭程宇
联系电话：+86 136 8925 1250
Email: sec@iccr-xjtu.org
会议主页：<http://www.iccr-xjtu.org>

2025 中国制冷学会学术年会（CAR2025）第一轮通知

2025中国制冷学会学术年会拟定于2025年11月举办，本届年会主题为“创新提质，绿色高效”。年会组委会将组织专家评选“优秀论文”与“优秀报告”，并颁发证书。具体事项通知如下：

一、组织委员会

名誉主席：周 远 王 浚 陶文铨 江 亿
陈学东
主 席：何雅玲
委 员：孟庆国 李晓虎 王如竹 李先庭
田旭东 王 斌 温克学 赵宝国
蔡力勇 路 宾 方祥建 宫赤霄
公茂琼 荆华乾 （排名不分先后）

二、征文内容

- 1、制冷空调系统及设备
- 2、室内空气品质及环境
- 3、热力学及传递过程
- 4、食品科学及冷藏运输
- 5、热泵、能量回收
- 6、低温物理、低温工程、气体液化与分离技术
- 7、先进制冷技术
- 8、其他

三、征文要求

- 1、请登录年会网站：<http://car2025.car.org.cn>，在线注册投稿参会；

- 2、论文格式要求详见年会网站；
- 3、本次年会只接受在线注册投稿，请勿以附件形式发送稿件至邮箱；
- 4、全文截止：2025 年9 月 1 日；
- 5、录用通知截止：2025 年 9 月 15 日。

四、联系方式

联系人：张晓宁、吴彤、张凯、高恩元、赵国君
地址：北京市海淀区阜成路67号银都大厦10层，
100142

电话：010-68719983、010-68711615

邮箱：car2025@car.org.cn



（年会网站）

2025 数据中心冷却高峰论坛（大湾区）第一轮通知

为助力数据中心能效不断提升，推动数据中心绿色低碳发展，中国制冷学会计划于2025年3月在广州市召开2025数据中心冷却高峰论坛（大湾区），论坛相关信息如下：

一、组织机构

主办单位

中国制冷学会、华为数字能源技术有限公司、腾讯云计算（北京）有限公司

协办单位

广东省制冷学会、中国制冷学会数据中心冷却工作组

二、论坛主题

国内外数据中心行业发展趋势
零碳数据中心规划建设思路与实现路径
智算中心绿色低碳发展现状、挑战与对策
数据中心液冷技术进展
数据中心智慧运维、节能降碳改造、能效评价与故障诊断

高效产品低碳运维案例、典型工程案例

数据中心余热利用

储能系统的热管理

……

三、论坛形式

主论坛、分论坛、《中国数据中心冷却技术年度发展研究报告》（2024版）发布、液冷数据中心优秀产品及典型案例颁证仪式等。

四、拟邀请参会单位

高校及科研院所：清华大学、华中科技大学、湖

南大学、西安工程大学、香港城市大学、西安交通大学、华北电力大学、重庆大学、华南理工大学、广州大学、天津商业大学、中国科学院理化技术研究所、中国科学院广州能源所等；

设计单位：中国移动通信集团设计院有限公司、中讯邮电咨询设计院有限公司、广东省电信规划设计院有限公司、上海建科节能技术有限公司、华信邮电咨询设计研究院有限公司、上海邮电设计咨询研究院有限公司、湖南省邮电设计院有限公司等；

建设、运营单位：中国移动通信集团有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、中国电信股份有限公司、华为数字能源技术有限公司、腾讯云计算（北京）有限公司、阿里巴巴、字节跳动、科华数据、万国数据、秦淮数据、浪潮、世纪互联、中兴通讯、中通服建设有限公司、三峡集团、中国南方电网、克拉玛依碳和网络科技有限公司、上海证券、宁波银行、中国银行保险信息技术管理有限公司、广东省农村信用社联合社等。

五、联系方式

联系人：张晓宁、赵国君

电话：010-68719983，13720086165

邮箱：idccooling@car.org.cn

论坛面向业界征集分论坛报告，有意向的单位或个人，请与会务组联系。同时，欢迎相关企业赞助支持本次论坛。



“CHPC•中国热泵” 2024 国际热泵及新能源节能产业发展论坛第一轮参会通知

为深入探讨热泵产业在国内外的的发展趋势，交流热泵技术在不同环境和国情下在建筑节能领域的现状及未来方向，现定于2024年12月18日在上海举办“CHPC•中国热泵”2024国际热泵及新能源节能产业发展论坛。此次论坛将聚焦热泵产业的外销发展政策、产品策略与标准、外销产品检测要求，以及中外建筑节能产品与技术发展等多个领域的应用、产品、案例并采用独立主题形式开展交流。论坛将视角提升至中外综合应用场景，通过深入讨论，助力更多从业者积极参与热泵技术的创新与研究。

一、组织机构

主办单位：中国制冷学会

承办单位：德国能源中心及学院（GECC）

二、日程安排

2024年12月17日

全天报到（10:00—22:00）

2024年12月18日

2024国际热泵及新能源节能产业发展论坛全天会议（9:00—16:30）

三、会议地址

上海市浦东新区科苑路88号德国中心

四、论坛内容

会议现场将由热泵产业外销分析师、相关产品检

测机构、国际政策研究专家、金融资方代表、制造企业代表等发言人围绕不同角度进行论坛发言。

五、参会注册

扫描下方二维码，报名参会。



（1）注册费

本次大会提前预约报名免注册费，不接受空降，交通及住宿费自理。

（2）住宿

推荐酒店：如家酒店•neo上海新国际博览中心张江高科地铁站店，自行预定。

六、联系方式

联系人：张凯、胡远涛、高恩元

地址：北京市海淀区阜成路67号银都大厦10层，100142

电话：13213534788，15895027072，010-68711615

Email: kzhang@car.org.cn, eygao@car.org.cn

2024 中国热泵大会主题报告视频回放通知

2024中国热泵大会于8月28—30日在深圳市成功举办。本次会议参会人数850余人，大会主题报告15个，分论坛报告106个。来自全球33个国家和地区的行业专家、学者及企业代表，共同就热泵技术的最新进展、市场动态及未来发展趋势展开了深入讨论和交流。

现经演讲人同意，报告视频已上线。所有已注册参会的嘉宾可通过大会官方网站免费观看全部会议视频内容，我们诚挚邀请大家通过视频回顾大会的精彩报告和讨论内容，进一步了解热泵行业的前沿动态和

技术发展。主题报告视频可通过扫描下方二维码进行观看。



工业和信息化部印发《智能制造典型场景参考指引（2024年版）》

为落实国务院办公厅印发的《制造业数字化转型行动方案》部署，按照《“十四五”智能制造发展规划》任务要求，打造智能制造“升级版”，工业和信息化部办公厅于2024年9月29日发布《智能制造典型场景参考指引（2024年版）》。具体内容如下：

智能制造典型场景是智能工厂的基本组成单元，面向产品全生命周期、生产制造全过程和供应链全环节核心问题，通过新一代信息技术与先进制造技术的深度融合，部署智能制造装备、工业软件和系统，实现具备协同和自治特征、具有特定功能和实际价值的应用。根据十余年来我国智能制造探索实践，结合技术创新和融合应用发展趋势，凝练总结了15个环节的40个智能制造典型场景，作为智能工厂梯度培育、智能制造系统解决方案“揭榜挂帅”、智能制造标准体系建设等工作的参考指引。

一、工厂建设

1. 工厂数字化设计与交付

面向工厂规划、工艺布局、产线设计、物流规划等业务活动，针对工厂设计建设周期长、布局不合理等问题，搭建工厂数字化设计与交付平台，应用建筑信息模型、物流和动线仿真、生产系统建模等技术，开展工厂数字化设计和建设，实现工厂数字化交付，缩短工厂建设周期。

2. 数字孪生工厂运营优化

面向基础设施运维、运营管理等业务活动，针对信息孤岛难打通、集成管控难度大等问题，应用建模仿真、异构模型融合等技术，构建设备、产线、车间、工厂等不同层级的数字孪生系统，通过物理世界和虚拟空间的实时映射和交互，实现工厂运营持续优化。

二、产品设计

3. 产品数字化研发设计

面向需求分析、概念设计、产品设计等业务活动，针对产品研发周期长、设计质量控制难等问题，基于数字化设计仿真工具和知识/模型库，应用多学科

联合建模、物性表征与分析等技术，开展产品结构、性能、配方等设计与验证，大幅缩短产品研制周期，提高设计质量。

4. 虚拟验证与中试

面向产品验证、中试等业务活动，针对新产品验证周期长、熟化成本高等问题，搭建虚实融合的试验验证环境，应用多物理场仿真、可靠性分析、AR/VR等技术，通过全虚拟或半虚拟的试验验证，降低验证与中试成本，加速产品熟化。

三、工艺设计

5. 工艺数字化设计

面向工艺规划、产线设计等业务活动，针对工艺设计效率低、验证成本高等问题，基于工艺设计仿真工具、工艺知识库和行业工艺包等，应用工艺机理建模、流程模拟等技术，实现工艺设计快速迭代优化，缩短工艺定型周期。

6. 可制造性设计

面向工艺审查、可制造性改进等业务活动，针对产品试制周期长、加工装配效率低等问题，打通产品研发、工艺设计、生产作业等环节数据，基于产品物理特征与制造能力关联分析，全面评价与及时改进产品和工艺设计的可加工性、可装配性和可维护性。

四、计划调度

7. 生产计划优化

面向销售订单预测、生产计划制定等业务活动，针对订单需求预测难、交付周期长等问题，构建生产计划系统，打通采购、生产和仓储物流等管控系统，应用多目标多约束求解、产能动态规划等技术，实现生产计划优化和动态调整，缩短订单交付周期。

8. 智能排产调度

面向作业排程、资源调度、生产准备等业务活动，针对资源利用率低、交付不及时等问题，建设智能排产调度系统，应用多约束排产建模、多目标排产寻优等技术，实现多目标、多扰动情况下排产优化与资源动

态调度，缩短产品生产周期，提升资源利用效率。

五、生产作业

9. 产线柔性配置

面向产线建设、产线改造等业务活动，针对个性化需求响应慢、产线换线时间长等问题，部署智能制造装备与系统，应用产线模块化重构、柔性物流运输等技术，根据订单、工况、库存等变化，实现产线快速调整和按需配置。

10. 人机协同作业

面向复杂产品加工、装配等业务活动，针对传统生产方式协同效率低、作业安全风险高等问题，部署工业机器人等智能制造装备，构建人机协同作业单元和管控系统，应用智能交互、自主规划、风险感知和安全防护等技术，实现加工、装配、分拣、物流等过程人机高效协同。

11. 工艺动态优化

面向离散行业工艺控制、工艺参数调优等业务活动，针对工艺/设备参数动态调优难等问题，建设智能产线和工艺在线优化系统，应用设备机理与数据混合建模、多设备联合寻优等技术，实现工艺过程和设备参数在线优化，提高产品质量一致性。

12. 先进过程控制

面向流程行业生产过程控制、工艺参数优化等业务活动，针对复杂工艺过程参数波动大、控制效果差等问题，基于先进过程控制、实时优化等系统，应用模型预测控制、多目标寻优等技术，实现精准、实时和闭环的工艺流程控制优化，稳定产品质量，提高产出率。

13. 数智精益管理

面向生产现场管理、成本质量管理、供应链管理等业务活动，针对资源利用率不高、管理效率低等问题，应用六西格玛、6S 等精益方法，将精益管理理念与大数据、云计算、人工智能等数智技术深度融合，实现基于数据的人、机、料、法、环等生产要素精准、高效管理，提升整体运营效率。

六、质量管控

14. 在线智能检测

面向质量数据采集、分析、判定等业务活动，针对人工检测效率低、一致性差等问题，构建在线智能检测系统，应用物性成分分析、机器视觉检测等技术，实现产品缺陷在线识别和质量自动判定，提升质量检测效率和准确性。

15. 质量追溯与分析改进

面向质量数据管理、质量问题追溯、质量优化等业务活动，针对质量数据不完整、追溯难度大等问题，构建质量管理体系，应用条码、二维码、RFID、5G、标识解析、区块链等技术，集成分析原料、设计、生产、使用等质量相关数据，实现产品全生命周期的质量精准追溯和优化改进。

七、设备管理

16. 设备运行监控

面向设备运行数据采集、状态分析等业务活动，针对设备数据全面采集难、统一管理难等问题，部署设备运行监控系统，集成智能传感、5G、多模态数据融合等技术，实现设备数据实时采集、状态分析和异常报警，提高设备运行效率。

17. 设备智能运维

面向设备故障分析、健康管理等业务活动，针对设备运维成本高、非计划停机频次高等问题，部署智能传感与控制设备，建立设备运维管理平台，应用设备故障知识图谱、故障机理分析、预测性维护等技术，实现设备智能运维，降低运维成本，保障连续生产。

八、仓储物流

18. 智能仓储

面向物料出入库、库存管理等业务活动，针对出入库效率低、库存成本高等问题，建设立体仓库和智能仓储管理系统，应用条码、二维码、射频识别、仓储策略优化、多形态混存拣选等技术，实现物料出入库、存储、拣选智能化，提高库存周转率和土地利用率。

19. 精准配送

面向厂内物流配送等业务活动，针对物料配送不及时、不精准等问题，部署智能物流设备和管理系统，应用室内高精度定位导航、物流路径动态规划、物流设备集群控制等技术，实现厂内物料配送快速响

应和动态调度，提升物流配送效率。

九、安全管控

20. 危险作业自动化

面向危险作业操作、过程管理等业务活动，针对危险作业安全风险高、自动化水平低等问题，建设智能作业单元和管控系统，应用环境感知与识别、作业风险控制等技术，实现危险作业环节的少人化、无人化，提高生产作业安全水平。

21. 安全一体化管控

面向安全风险识别、安全应急响应等业务活动，针对安全风险实时监控难、处置效率低等问题，搭建生产安全管控和应急处置系统，应用生产运行风险动态监控、安全预警等技术，提高安全防护水平和安全事故快速处置能力，降低事故发生率和损失。

十、能碳管理

22. 能源智能管控

面向能耗监测、能源调度等业务活动，针对能耗全面监控难、精细化管控成本高等问题，部署能耗采集设备和管控系统，应用多能源介质感知、能耗综合建模仿真、能源平衡调度等技术，实现工厂能源在线监测、综合管控和能效优化，降低单位产值综合能耗。

23. 碳资产全生命周期管理

面向碳排放数据采集、碳足迹追踪和碳资产核算等业务活动，针对碳排放计量难、碳足迹追踪效率低等问题，建立数字化碳管理系统，应用碳排放精细化检测、碳排放指标自动核算等技术，实现产品全生命周期碳排放追踪、分析、核算和交易，降低单位产值碳排放量。

十一、环保管理

24. 污染在线管控

面向污染排放监测、污染物收集处理等业务活动，针对污染排放计量难、污染管理粗放等问题，部署污染排放在线采集设备和管控平台，应用污染监测与控制、污染源追溯等技术，实现污染全过程动态监测、精确追溯、风险预警和高效处理，降低污染排放水平。

十二、营销与售后

25. 智慧营销管理

面向市场营销、销售管理等业务活动，针对客户需求信息获取不及时、营销策略不合理等问题，建立销售管理系统，应用用户画像、需求预测等技术，实现基于客户需求洞察的营销策略优化和供需精准匹配，提升营销精准性和销售量。

26. 产品智能运维

面向产品运维、增值服务等业务活动，针对服务周期长、响应不及时等问题，构建产品远程运维系统，集成5G、AR/VR、预测性维护等技术，实现基于运行数据的产品远程监控、故障诊断和增值服务创新，提高产品附加值。

27. 智能客户服务

面向投诉处理与反馈、客户关系维护等业务活动，针对客户响应不及时、服务体验感差等问题，建立客户服务管理系统，应用5G、AR/VR、自然语言处理、知识图谱、大数据分析等技术，实现主动式客户服务响应，提高客户满意度。

十三、供应链管理

28. 供应链计划协同优化

面向采购计划制定、协同、优化等业务活动，针对采购计划不精准、交付不及时等问题，建设供应链管理系统，应用集成建模、多目标寻优、数据跨域控制等技术，实现基于市场、采购、库存、生产等数据的供应链计划协同优化。

29. 供应商数智化管理

面向供应商入库、供应商评价、物料采购等业务活动，针对供应商比选难、议价能力弱、断供风险响应不及时等问题，建立供应商管理系统，应用供应商风险评估、供应链溯源等技术，实现供应商精准画像，开展基于数据分析的供应商评价、分级分类、寻源和优选推荐。

30. 供应链物流智能配送

面向配送路线规划、运输过程监控等业务活动，针对物流运输过程监控难、配送周期长等问题，建设供应链物流管理系统，应用5G、多模态感知、实时定位导航、智能驾驶等技术，实现厂外物流全程跟踪、

异常预警和高效处理，降低供应链物流成本，提升准时交付率。

十四、信息基础设施

31. 先进工业网络应用

面向工厂网络设计、建设、运营等业务活动，针对工厂网络需求多样、结构复杂、带宽不足等问题，部署5G工业专网、TSN、工业全光网络等新型网络基础设施，应用异构网络融合、远距离高带宽实时通信等技术，建设满足智能制造需求的低时延、高可靠、大带宽工业网络。

32. 工业信息安全管理

面向网络安全、数据安全等要求，针对企业网络与数据安全风险高、防护能力弱等问题，实施工业互联网安全和数据分类分级管理，部署工业控制系统网络安全防护设备，建设数据安全风险监测和应急处置能力，应用安全态势感知、多层次纵深防御等技术，实现全方位全流程安全漏洞监测、风险防控、快速处置，提升网络安全和数据安全防护水平。

33. 工厂数据资源管理

面向数据采集存储、数据分析应用等业务活动，针对数据格式不统一、价值释放不充分等问题，建设数据中心、工业互联网平台等基础设施，融合数据跨域控制、数字合约、隐私计算等技术，开展数据治理，实现企业内或跨企业的数据安全可靠流通和挖掘应用，推动数据价值化。

十五、多环节模式创新

34. 数据驱动产品研发

面向产品快速研发、复杂结构设计、用户个性化设计等需求，集成市场、设计、生产、使用等多维数据，探索创成式设计，基于数据驱动的产品形态、功能和性能的研发设计和持续优化，缩短产品研发周期，加速产品创新。

35. 大规模个性化定制

面向产品个性化、多样化、小批量等需求，通过网络化手段收集多元化市场需求，采用模块化设计、平台化架构、柔性化系统等手段，以规模化生产的低成本、高质量和高效率，提供个性化、定制化的产品和服务。

36. 网络协同制造

面向复杂产品多方协同、产能共享、多工厂协同等需求，建立网络协同制造平台，推动多环节、多工厂或多企业间设计、生产、管理、服务等环节紧密连接，实现跨企业跨地域的业务协同和制造资源配置优化，助力打造全球生产网络。

37. 研产供销服深度集成

面向市场快速响应、资源高效配置、客户体验优化等需求，推动研发、生产、供应、销售和服务等环节的业务流、数据流深度集成，形成一个高效协同的运营体系，实现产品全生命周期协同优化，全面提升企业的市场竞争力。

38. 弹性供应链

面向供应链稳定性提升、供应链快速调整等需求，建立供应链风险预警与弹性管控系统，集成应用供应链风险识别和动态响应模型，实现供应链风险在线监控、精准识别、提前预警和快速处置，提升产业链供应链韧性和安全水平。

39. 全员数字化管理

面向人员数字化绩效评估、数字化技能提升、健康管理等需求，组织开展全员数字化能力培训，构建统一的人员数字化管理平台，集成人员健康状况、专业技能评估及作业环境等多维度信息，实现人员绩量化动态评估、人员状态动态监测和精准作业派工，提升全员岗位效能。

40. 可持续制造

面向节能减排、循环经济、绿色消费等需求，以数智技术支撑企业以对环境和社会负责的方式开展产品全生命周期、生产制造全过程和供应链全环节各业务活动，实现生态效益、资源效率、生产效率和社会责任等多方面综合平衡。

（信息来源：

工业和信息化部办公厅）



国务院办公厅发布意见 强化产地预冷、冷链物流设施建设

树立大农业观、大食物观，农林牧渔并举，构建多元化食物供给体系，是党中央提出的明确要求，是保障粮食和重要农产品稳定安全供给的客观要求和重要举措。为推动把农业建成现代化大产业，巩固提升粮食综合生产能力，全方位、多途径开发食物资源，保障各类食物有效供给，更高质量满足人民群众多元化食物消费和营养健康需求，9月18日，国务院办公厅发布《关于践行大食物观、构建多元化食物供给体系的意见》。

《意见》中明确提出：到2027年，大农业观、大食物观普遍树立，食物来源渠道得到有效拓展，森林、草原、江河湖海食物资源开发取得积极进展，设施农业发展水平不断提高，生物产业稳步发展，构建形成粮经饲统筹、农林牧渔结合、植物动物微生物并举的多元化食物供给体系，产业链条延伸拓展，粮食和重要农产品供给保障更加有力。到2035年，食物产业链条健全完善，食物品种更加丰富多样，多元化食物供给体系全面建成，食物产业质量效益明显提升，人民群众多元化食物消费和营养健康需求得到有效满足。

《意见》强调要加快发展现代设施农业，拓展食物开发新空间。积极发展日光温室、塑料大棚，集中连片推进老旧设施改造提升，加快发展集约化育苗，

发展基质、水培等无土栽培，在大中城市周边布局建设植物工厂。发展集约化畜禽养殖，引导养殖设施机械化、智能化改造，提升畜禽养殖标准化规模化水平。引导畜禽屠宰加工企业有序向养殖主产区转移，健全冷链加工配送体系，促进运活畜禽向运肉转变。

《意见》还强调要提升食品加工流通产业水平。引导食品加工企业在果蔬、畜禽和水产品等主产区布局加工产能，强化产地预冷烘干、鲜切包装等初加工设施建设，发展智能化、清洁化精深加工。支持东北地区发展大豆等农产品全产业链加工，打造食品和饲料产业集群。引导乳品企业发展奶酪、乳清等产品加工。鼓励食品加工企业开发低脂食品，利用加工副产物开发稻米油、胚芽油和蛋白饲料等产品。实施农产品仓储保鲜冷链物流设施建设工程，加强产地仓储保鲜设施建设，完善产地冷链物流重要节点布局和服务网络。改造提升农产品产地市场，在大中城市周边布局建设销地冷链集配中心、主食加工基地等。发展“生鲜电商+冷链宅配”、“中央厨房+食材冷链配送”等业态模式。

（信息来源：中国政府网）



农业农村部印发《全国智慧农业行动计划（2024—2028年）》

为大力推进智慧农业建设，进一步推动《农业农村部关于大力发展智慧农业的指导意见》落地落实，我部组织制定了《全国智慧农业行动计划（2024—2028年）》。

《计划》按照“一年打基础、三年见成效、五年上台阶”的工作安排，分阶段推进。2024年，全面启动智慧农业公共服务能力提升、智慧农业重点领域应用拓展、智慧农业示范带动3大行动8项重点任务。到2026年底，智慧农业公共服务能力初步形成，探索一批主要作物大面积单产提升智能化解决方案和智慧农（牧、渔）场技术模式，农业生产信息化率达到30%以上。到2028年底，智慧农业公共服务能力大幅提升，信息技术助力粮油作物和重要农产品节本增产增效的作用全面显现，先行先试地区农业全产业链数字化改造基本实现，全域推进智慧农业建设的机制路径基本成熟，农业生产信息化率达到32%以上。

《计划》提出推动农业全产业链数字化改造。鼓

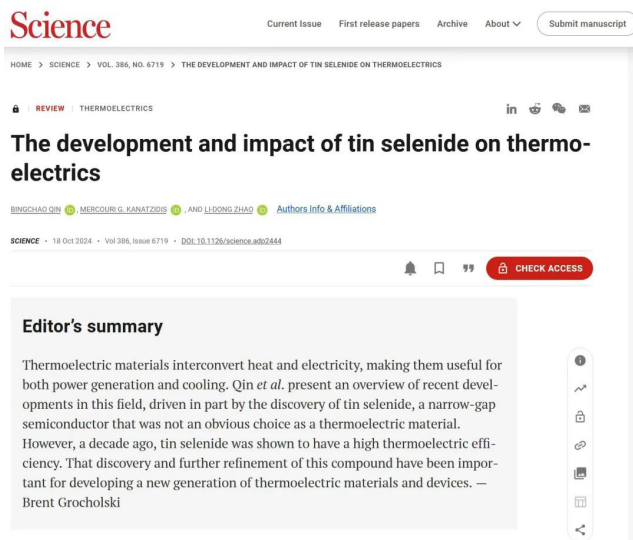
励各地打造一批产业链数字化改造标杆，充分发挥行业组织、“链主”企业、龙头企业等作用，带动农业生产经营主体数字化改造，提高全产业链协作协同效率。深入实施“互联网+”农产品出村进城工程，推动国家级农产品产地市场智慧化升级改造，加强农产品产地仓储保鲜冷链物流信息化建设，打造面向市场、数据驱动、高效协同的智能供应链，推动产销顺畅衔接、优质优价。建设一批重要农产品全产业链大数据分析应用中心，加强重要农产品全产业链信息监测，引导产业有序发展。推进农产品质量安全智慧监管，建设国家综合监管平台，指导有条件的生产主体建立信息化质量安全管控系统，推广应用电子承诺达标合格证，鼓励有条件的地区开展追溯保品牌试点。

（信息来源：

中华人民共和国农业农村部）



北航赵立东教授团队在《Science》发表热电材料研究重要进展



2024年10月18日，基于对硒化锡（SnSe）热电材料及器件的10余年研究经验，北航材料学院赵立东教授团队系统阐述了寻找高效热电材料的思路，分析了这些研究策略对于热电科学研究的影响和促进作用，并展望了基于热电科学的热电-光电学、热电催化学、热电磁学、生物热电学等多个新兴交叉领域，该成果在国际顶级学术期刊《Science》上发表了题为《The Development and Impact of Tin Selenide on Thermoelectrics》的学术论文【Science 386 (2024) eadp2444.】。

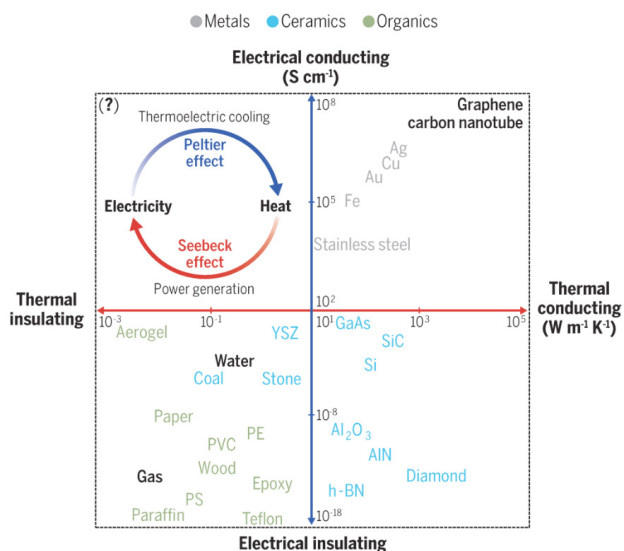


图1 研究背景：热传输和电传输决定了材料的基本物理特性和潜在应用。其中，理想的热电材料需要具备优异的导电性和较低的导热性，以保证高效的热电转换。

电传输和热传输决定了材料的基本物理特性，二者之间的不同组合可提供多样化的材料应用前景，如图1所示。其中，高导电而热绝缘的热电材料，能够通过塞贝克效应和帕尔帖效应分别实现温差发电和电子制冷。在当前能源重大战略需求的背景下，热电技术以其高可靠性、无噪音、结构灵活、环境友好等优势，在废热回收、5G通信、激光制冷等关键领域都有着广阔的应用前景。然而，热电器件低的转换效率限制了其广泛应用。要实现更高的能源转换效率，需要有效解耦热传输-电传输之间的矛盾。

本文从材料最基本的物理性能出发,深入剖析了实现高效热电性能需要具备的关键物理特征。其中,复杂的电子能带结构有助于实现高的电传输,而大的晶胞和复杂晶体结构等特征可实现低的热传输。近年来,一系列高性能的热电材料得以发展,如图2所示。碲化锡(SnSe)是其中的典型代表。经过10余年的持续努力,SnSe的宽温域热电性能得到稳步提升,基于SnSe的热电器件在温差发电和电子制冷两方面皆展现出优异的转换效率。这些研究为热电技术提供了一种宽温域、低成本、储量丰富的新型备选材料,同时也为寻找其他具有类似特征的热电材料提供了重要参考。

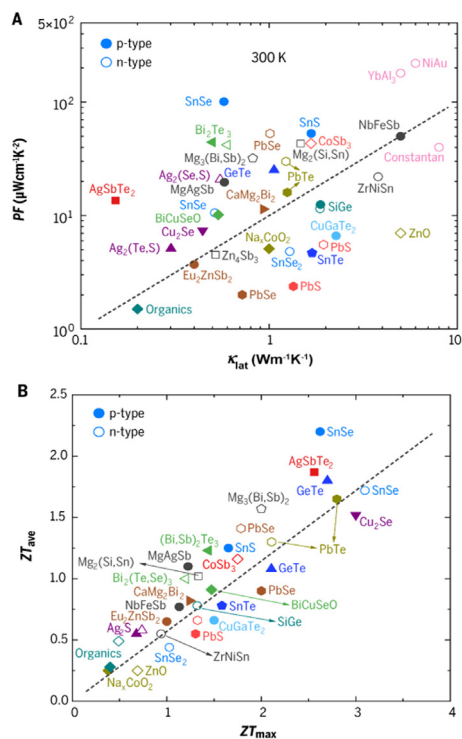


图2 研究进展：高效热电材料及其性能。

论文首先阐述了开发SnSe高效热电性能的研究思路。在21世纪初,热电领域并不认为SnSe是一种潜在的热电材料,这主要源于其较宽的能带间隙(~ 0.86 eV),难以实现高载流子浓度。直至2014年,通过制备高质量的SnSe晶体使其承温能力从多晶的723 K提高到923 K,并在高温区发现了其潜在的热电特性,研究人员开始重新审视这一材料。SnSe晶体面内方向高的载流子迁移率弥补了低载流子浓度的不足,结合强非谐振性带来的低热导率,最终在高温下实现了 >2.6 的ZT值(Nature 508 (2014) 373)。随后,论文讨论了SnSe热电材料的重要进展和优化策略,主要包括调控费米能级诱导多价带协同参与电传输(Science 351 (2016) 141)、三维电荷-二维声子传输特性(Science 360 (2018) 778)、多能带交互作用(Science 365 (2019) 1418)及其在动量和能量空间的Syngllis协同效应(Science 373 (2021) 556)、还原本征低热导特性(Nat. Mater. 20 (2021) 1378)、调控形变势促进电-声解耦(Science 375 (2022) 1385)、晶格素化(Science 380 (2023) 841)等。在这些讨论中,论文还论述了如何将策略用于更多热电体系,包括普适性更强地寻找本征低热导材料、理解和调控复杂电子能带结构以提升电传输性能、研究层外方向传输特性的重要性,以及从纳米尺度到原子尺度的微观结构控制等。

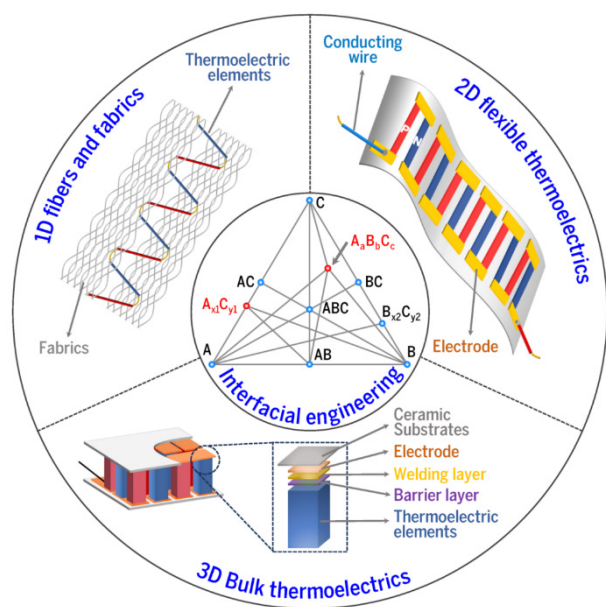


图3 研究进展:具有多维结构的热电器件。其中强调了基于多元相图计算的界面筛选设计对于提升器件转换效率的重要性。

在优化材料性能的基础上,论文提出开发高效热电转换器件是推动应用的关键。尽管在N型材料面内性能开发以及器件界面阻挡层研究等方面仍存在明显不

足,基于SnSe材料的三维热电器件在温差发电和热电制冷均展现出了重要的发展潜力。随着材料制备工艺和处理手段的不断进步,如图3所示,基于SnSe材料的一维纤维织物和二维柔性热电器件研究也取得了重要进展,表明其在更多应用场景的重要潜力。对此,论文提出了重要展望,未来研究要以柔性无机/有机热电材料及器件优化为指引,将材料性能提升、器件界面设计与结构优化相结合,进而推动热电材料的大规模应用。

论文指出,热电领域的研究可推广涵盖机器学习和智能计算、高通量材料设计和合成、器件设计和组装等,具备典型的跨学科交叉特征。SnSe的研究激发了探索具有相似特性的高效热电材料,并促进了其他相关领域的合作研究。SnSe等高效热电材料的未来发展需要更多地关注器件设计 and 应用探索,提高材料性能及稳定性,也需要探索更多的应用场景来推动热电行业的发展。值得注意的是,SnSe在热电之外的诸多领域展现了良好的应用潜力。如图4所示,主要包括光电探测、太阳能电池、光催化、拓扑绝缘体、气体传感器、离子电池、柔性和忆阻器等,这凸显了以跨学科交叉理念开发多功能材料的重要性。

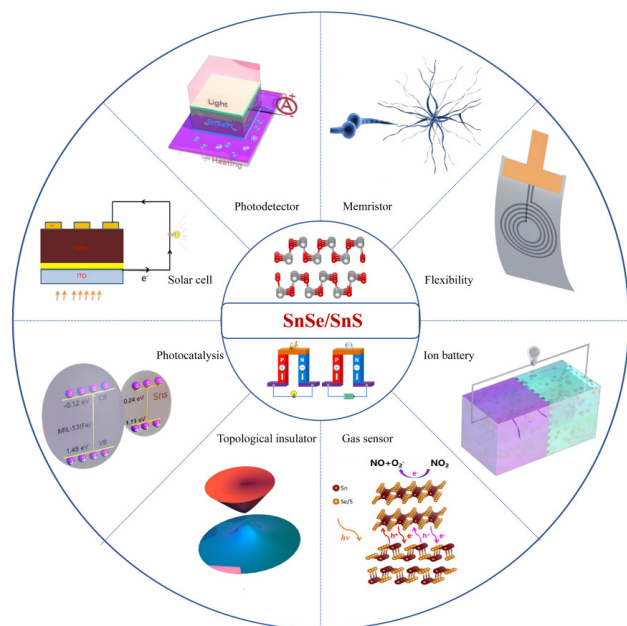


图4 研究展望:SnSe的跨领域应用前景。主要包括热电转换、光电探测、太阳能电池、光催化、拓扑绝缘体、气体传感器、离子电池、柔性和忆阻器等。(图来源: Mater. Lab 1 (2022) 220006)

最后,论文强调热电科学与其他技术的结合可能会为未来的材料科学和可再生能源技术提供变革性发展机遇。基于此,论文提出了前瞻性观点,着重展望

了未来可以与热电技术开展交叉和深入研究的潜在领域，如图5所示，主要分为热电-光电学、热电催化化学、热电磁学和生物热电学等。其中，热电-光电学通过将光能转化为热能、再转化为电能，在热电-光电探测、太阳能热电池、光-电转换系统设计等取得了重要进展；热电催化化学利用热电效应驱动化学反应，能够实现多种运行模式，有望应用于绿色制氢、有机物合成、环境净化等领域；热电磁学通过研究载流子、声子和自旋之间的相互作用，探索潜在的全新物理效应，有望实现热-电-磁全固态极低温制冷、磁热发电等新兴领域的开拓；生物热电学则将热电发电和制冷与生物学不同场景的需求相结合，致力于实现基于热电技术的伤口加速愈合、即时冷冻治疗和健康监测等应用，拓宽热电技术的应用场景。

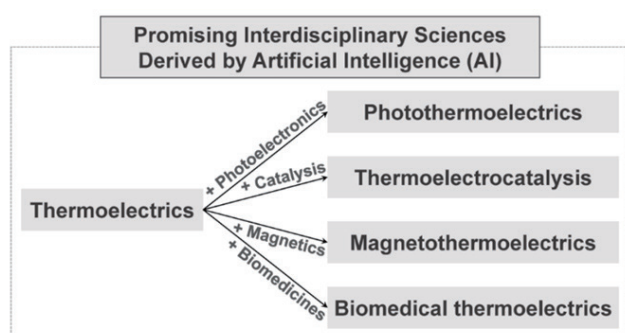


图5 研究展望：可人工智能驱动的基于热电科学的多个新兴交叉领域。潜在的交叉方向主要包括热电-光电学、热电催化化学、热电磁学和生物热电学等。

本工作系统阐述了开发SnSe类高效热电材料的研究思路 and 关键策略，进而剖析了这些研究如何影响、促进、并伴随了热电技术的广泛发展。更为重要的是，论文不仅针对SnSe材料的未来研究进行展望，还高度前瞻性地提出了热电科学与其他方向交叉研究的可能性以及潜在的重要领域。通过该论文，希望热电领域受到更为广泛的关注，并在国家发展战略中发挥关键作用。

Science同期刊登的Research Highlights in Science

Journals中，编辑团队以《Unexpected efficiency》为题，对本工作进行亮点报道。文中表示，热电技术近年来迅速发展的重要原因是源于SnSe基高效热电材料的发现，本工作对于开发新一代热电材料和器件至关重要。

北航材料学院博士后秦炳超为论文第一作者，赵立东教授和美国艺术与科学院院士、美国Northwestern大学Mercouri G. Kanatzidis教授为论文共同通讯作者。此项工作主要得到了国家杰出青年科学基金（51925101）、腾讯科学探索奖、国家自然科学基金（52450001）、北京市杰出青年基金（JQ18004）、111引智计划（B17002）、博士后创新人才计划（BX20230456）和中国博士后科学基金（2024M754057）等项目的资助。

作者简介：

秦炳超：北航材料学院2013级本科、2017级硕士、2019级博士，2023年6月博士毕业后获国家博士后创新人才计划资助，现为北航卓越师资博士后。主要从事SnSe基热电材料的制备、性能优化和器件探索。作为（共同）第一/通讯作者已在《Science》《Nat. Commun.》《J. Am. Chem. Soc.》《科学通报》和《航空材料学报》等期刊发表60余篇创新成果，曾荣获2023年国际热电学会ITS Goldsmid Award（全球1人/每年）、2023年国际材料联盟前沿材料优秀研究生奖（每年全球约10人次）、国家奖学金（2次）、2021年宝钢优秀学生奖、2023年中国热电学会优秀研究生奖等数十项荣誉奖励。以第二合著者出版中文专著一本《锡硫族层状宽带隙热电材料》（工信部“十四五”规划专著、国家出版基金和“十四五”国家重点出版物出版规划）。目前主持国家自然科学基金青年基金项目、博士后科学基金面上项目等。



香港科技大学林崇佳、黄宝陵团队发表《将辐射制冷技术推向实际应用领域》论文 对各类辐射制冷解决方案系统评估

在全球能源危机和气候变化的双重挑战下，辐射制冷技术作为一种创新的被动冷却方法，受到了来自科研界和工业界的广泛关注。辐射制冷技术是通过控制物体表面的光学特性，使其能够反射太阳光热，并

利用大气窗口向高空持续热辐射，从而有效降低表面温度，实现建筑、车辆、设备和个人穿戴面料等在零能耗情况下的冷却效果。该技术有望减少空调等冷却设备的能源消耗，降低户外设备因高温产生的损耗和

风险，为应对全球气候变暖和提高能源效率提供了一种有前景的解决方案。

在以往的研究中，尽管科学家们开发了各种形式的光学表面，并在实验室阶段取得了显著的冷却效果，但在实际应用中仍然面临诸多挑战。例如，提高光学效率、保持外观、管理过度冷却、提高耐用性以及实现可扩展的制造工艺等。基于此，香港科技大学林崇佳研究助理教授、黄宝陵教授和浙江大学李洋研究员课题组合作发表综述论文，通过分析辐射制冷技术的光学原理、环境适应性和可制造性等方面，介绍了辐射制冷技术的潜在应用，并梳理了该领域在实际应用中面临的挑战。

此外，该研究还系统地评估各种解决方案，并分析了每种方法的特点和有效性，为推动辐射制冷技术从实验室向产业化发展提供指导。



图1 林崇佳（来源：林崇佳）

日前，相关论文以《将辐射制冷技术推向实际应用领域》（Pushing Radiative Cooling Technology to Real Applications）为题发表在 *Advanced Materials*。香港科技大学研究助理教授林崇佳是第一作者，博士后李柯桥和李梦是共同一作，浙江大学李洋研究员和香港科技大学黄宝陵教授担任共同通讯作者。

REVIEW

ADVANCED
MATERIALS
www.advmat.de

Pushing Radiative Cooling Technology to Real Applications

Chongjia Lin, Keqiao Li, Meng Li, Benjamin Dopphoopa, Jiongzi Zheng, Jiazheng Wang, Shanshan Du, Yang Li,* and Baoling Huang*

图2 相关论文（来源：Advanced Materials）

该课题组结合实验室和产业化的经验，以解决实际问题为出发点，提出了一系列解决方案。

第一，在提高辐射制冷功率方面，通过优化辐射制冷表面的光学光谱，强化太阳热反射与中远红外热

发射，可显著提高净冷却功率。此外，利用热阻隔材料、透明覆盖层以及热辐射屏蔽等策略，亦能够有效地抑制寄生热传导、对流热损耗和大气辐射热吸收，从而提高辐射制冷表面的性能。

第二，在兼具外观美学和功能方面，通过彩色化和透明化策略，可使辐射制冷技术能够更好地融入建筑、车辆、服装等表面材料的现有风格中，同时维持原有的功能和美观。林崇佳解释说道：“传统的辐射制冷材料通常只有银色或白色，而实际应用中往往需要实现彩色或透明的效果。”

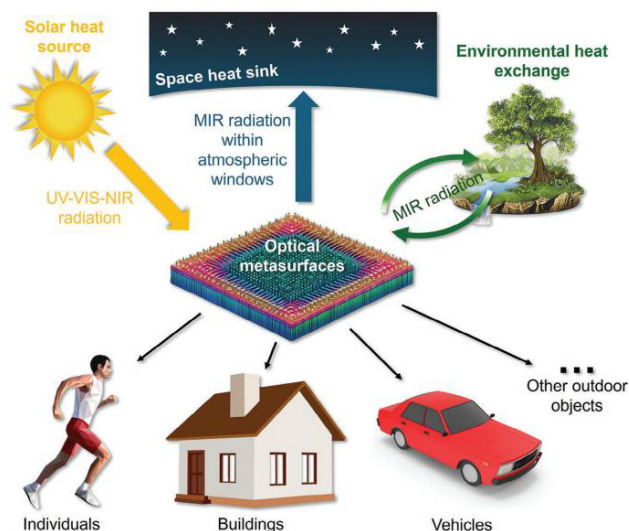


图3 室外辐射传热原理图（来源：Advanced Materials）

第三，在环境适应性方面，辐射制冷技术在不同气候条件下的应用效果差异也是一个挑战。该技术尽管在夏季高温时效果显著，但在寒冷天气中，持续的冷却效果并不符合人们的实际需求。因此，如何使辐射制冷技术在需要时提供冷却，在不需要时停止制冷，甚至在冬季能够提供加热，也是重要的研究方向之一。

第四，户外耐久性辐射制冷材料在实际应用中必须考虑的问题。由于户外环境的苛刻条件，如何设计出能够抵抗恶劣天气影响的材料结构，同时不影响其性能，是实现辐射制冷技术长期稳定应用的关键。

第五，如何实现辐射制冷的规模化制造工艺，是产业化中的挑战之一。林崇佳指出，仅制备小规模样品无法满足在工业、生活领域广泛应用的目标。因此，如何利用现有的工业手段，低成本、大规模地生产辐射制冷材料并兼顾材料性能，是实现其商业价值的关键。



图4 辐射制冷在实际应用中的五大挑战（来源：Advanced Materials）

该综述论文的发表不仅基于研究人员在理论上的深入研究，而且在实际应用中也取得了显著成果。据了解，林崇佳、黄宝陵团队所研发的辐射制冷光学涂层技术，已成立蔚蓝时代公司进行产业转化。他们开发的辐射制冷材料已在粮食仓储、电网电柜、汽车玻璃和建筑幕墙等领域应用。辐射制冷技术效果显著的代表案例是在粮食仓储的应用，该材料能够有效地使粮食保持在恒定的低温储存环境下，并可以减少虫害、延长粮食的保质期。据介绍，其所开发的产品亦在新能源汽车作为天窗膜应用，可实现持续降温 10 摄氏度左右，提高乘员的舒适性。此外，该公司光学制冷膜已应用于电力设备、大型建筑、石油化工等场景，在降本增效、节能减排方面发挥作用。

应用行业



电力通信
户外电柜、箱式变电站、通信设备



电化学储能
标准储能柜、储能集装箱



粮食仓储
平方仓、浅圆仓、储油罐



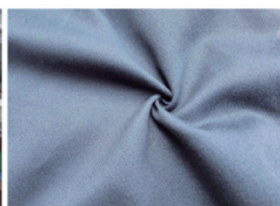
大型建筑
酒店、写字楼、学校、厂房、公共建筑



石油化工
化工罐区、油罐车、大型煤仓



物流运输
干货箱、冷藏箱、蓄冷箱、各类运输车



皮革布料
帐篷、服装、汽车内饰



汽车出行
车窗膜、超级天窗冰甲、降温车漆

图5 辐射制冷技术的应用行业（来源：林崇佳）

该团队认为，辐射制冷技术未来发展的关键点之一，是耐久性提升与测试标准制定。另一方面，目前行业内对辐射制冷产品性能的认知尚不充分，与空调、水冷、液冷系统等成熟的降温体系相比，该技术存在制冷指标评估难以量化的问题。因此，拓展应用场景并引导产业界接受和尝试使用辐射制冷技术，也是未来需要努力的方向之一。“随着技术的进一步发展，未来有望将辐射制冷技术与多种节能、智能技术

相融合，量化性能指标和提升综合效能，这样用户就能更准确地预测收益和提升效益，从而推动辐射制冷产品的应用普及。”林崇佳表示。

（信息来源：DeepTech深科技）



Nature Communications: 降温 15°C! 连锁反应驱动低成本光伏冷却

【文章摘要】

光伏电池的效率受到电池温度的显著影响。本文中，研究人员开发了一种具有自恢复功能的被动冷却单元。该单元将水饱和的13X型沸石涂覆在光伏电池的背面，并将硝酸铵分散成一层薄膜。当有热量传递时，13X型沸石中的水会被解吸（潜热冷却），然后溶解硝酸铵，进而引发吸热反应实现冷却。这个过程是可逆的，夜间能够自我恢复。该装置基于多孔材料的吸水性能与温度成反比、而吸热反应对应的溶解度则与温度成正比的原理。光伏电池的平均温度可以降低15.1°C，冷却能量密度达到2,876 kJ/kg，平均冷却功率为403 W/m²。

研究成果以Self-recovering passive cooling utilizing endothermic reaction of NH₄NO₃/H₂O driven by water sorption for photovoltaic cell为题发表在Nature Communications上。

nature communications



Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-023-38061-9>

Self-recovering passive cooling utilizing endothermic reaction of NH₄NO₃/H₂O driven by water sorption for photovoltaic cell

Received: 13 September 2022

Accepted: 13 April 2023

Published online: 25 April 2023

Check for updates

Seonggon Kim¹, Jong Ha Park², Jae Won Lee², Yongchan Kim^{1,4} & Yong Tae Kang^{1,4}✉

Power efficiency of photovoltaic cell is significantly affected by the cell temperature. Here, a self-recovering passive cooling unit is developed. The water-saturated zeolite 13X is coated on the back side of photovoltaic cell, and

【研究背景】

太阳能广泛用于减少电网的能源负荷。光伏（PV）电池将太阳能直接转化为电能，安装简单，因为其组成部件较少。光伏电池的效率约为10%~25%，因为它只能利用特定范围的波长。到目前为止，虽然已经开发出高效的光伏电池（如钙钛矿电池），但建筑一体化的光伏模块主要还是由单晶硅组成，因为它技术成熟。另一方面，光伏设备的功率效率受电池温度的显著影响。例如，当结温从20°C升高到60°C时，单晶硅光伏的功率效率降低了33.3%。对钙钛矿电池来说，温度升高导致的效率下降甚至更大。在发电过程中，因太阳辐射导致的温度上升是不可避免的，因此开发了各种冷却装置以确保稳定地发电，包括被动冷却和主动冷却策略。

被动冷却方法可以在不消耗能源的情况下持续产生冷却效果。自然空气冷却是一种现象，当电池周围的空气温度上升时，由于密度差异会发生对流换热。Elminshawy 等人通过在20%的浸没区域比上附加散热片，利用自然空气冷却将光伏电池的平均工作温度降低了19%。还研究了由光伏模块和液体储罐组成的自然液体冷却。通过在微通道中使用纳米流体作为冷却剂，可以提高自然液体冷却的效果。相变冷却技术也得到了积极的研究，利用沸点为34°C的双相冷却剂、RT35、Al₂O₃复合材料和石蜡基材料。提出了一种热管冷却装置，最大热效率可提高14.2%。Li等人开发了一种基于大气水分吸附的光伏冷却方法，该方法还可以在发电过程中收集水。辐射冷却方法也得到了讨论。Li等人研究了光伏电池的夜间辐射冷却和水收集。最近，还讨论了发电和淡水联合生产、动态光伏建筑围护结构以及光伏冷却驱动的海水淡化作为光伏冷却策略。

主动冷却方式通过消耗能量来实现冷却效果：强制风冷通过风扇产生气流，冷却效果比自然对流好得多。然而，当环境温度较高时，冷却效果明显下降，并且维护成本也会增加。此外，其他问题如空间利用效率低和能源消耗大，使得强制风冷不太适用。液压冷却和热电冷却技术则分别依靠工作流体和电力来作为冷却剂，但在经济上并不划算。另一方面，光伏热系统（PVT）也在发展中。当流体在光伏电池的底部通道内循环时，可以收集热能并对电池进行冷却。PVT系统的可行性体现在收集到的热能可以被建筑物利用，尽管为了循环流体需要消耗一些能量。研究了包括Al₂O₃纳米流体、SiO₂纳米流体和微胶囊化相变材料（PCM）浆液等工质的应用。Weinstein等人提出了一种基于光束分裂的混合电力和热能接收器。总的来说，尽管低成本的冷却方法效果较差，但目前高效的冷却方法成本较高。

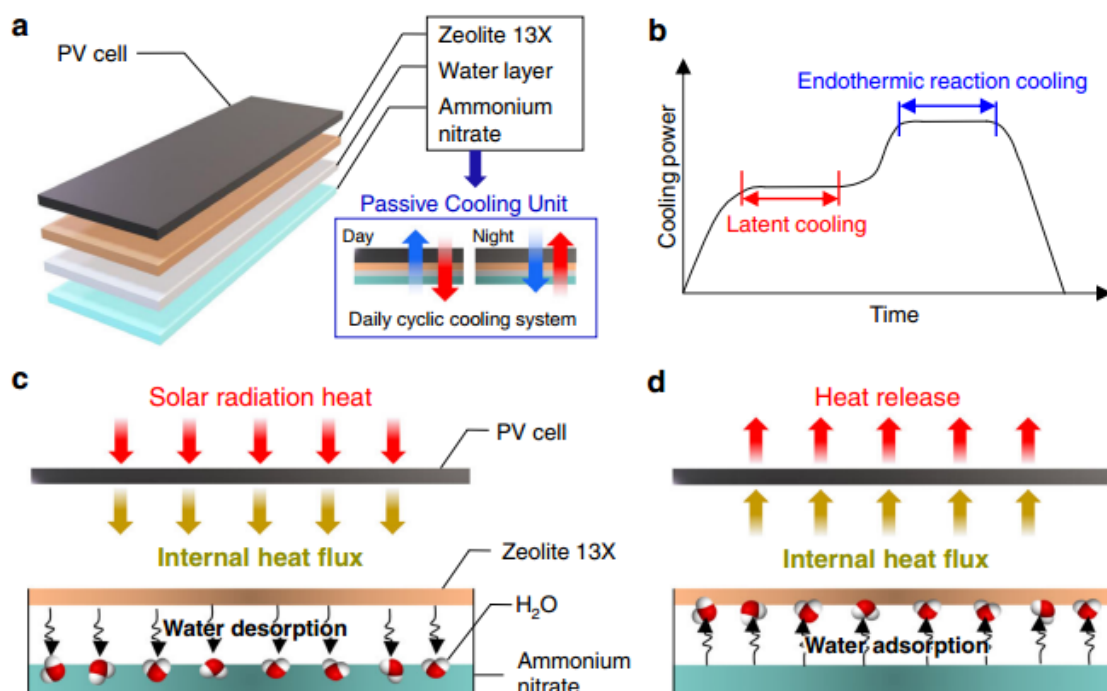
【研究内容】

在这项研究中，研究人员展示了一种用于光伏电池的被动冷却装置，实现了目前文献中报道的冷却方法中的最佳性能。该冷却系统通过潜热冷却（水分脱附过程）和吸热反应（溶解过程）形成的连锁反应来工作，这种方法此前未被应用于光伏领域。这种方法无需能源消耗，且由廉价材料组成，具有很高的实用性。此外，它还具有自我恢复的特性，可以重复使

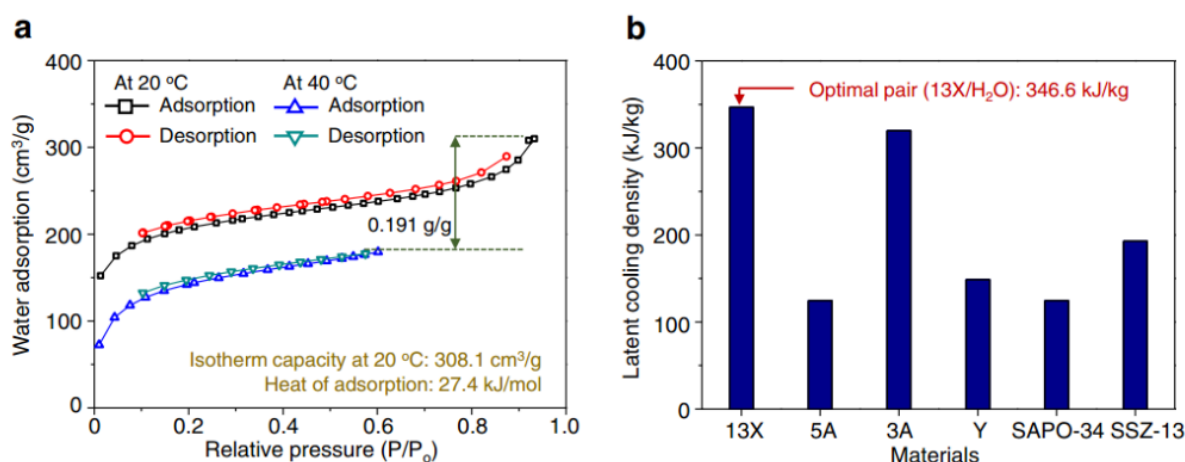
用。同时，类似的热管理策略已被应用于电子设备。当电子设备产生热量时，金属有机框架（MOFs）中捕获的水分子被脱附，产生潜热冷却效果。在本研究

中，我们通过连锁反应改进了大气水分脱附驱动的冷却系统，其中脱附的水溶解了硝酸铵的晶体层，并在封闭的薄膜内产生了二次吸热反应冷却。

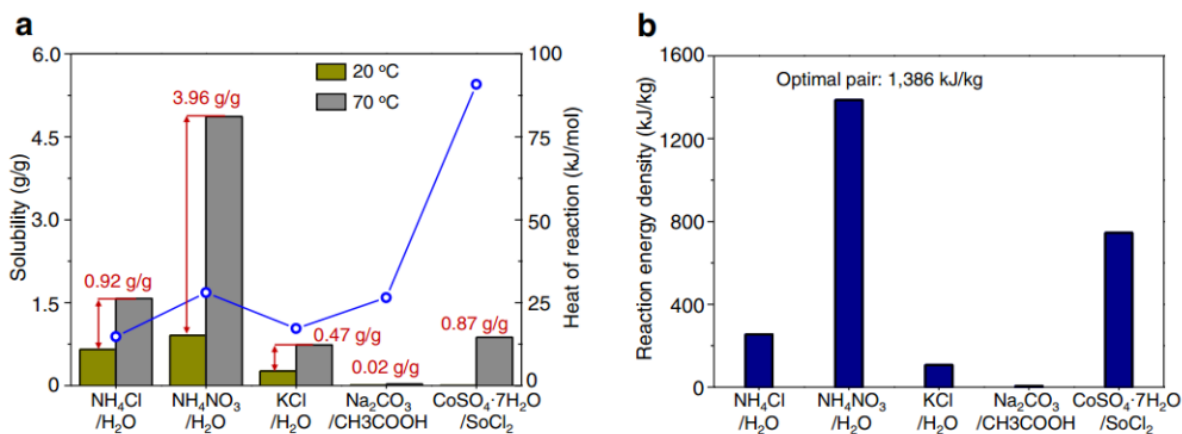
【图文解析】



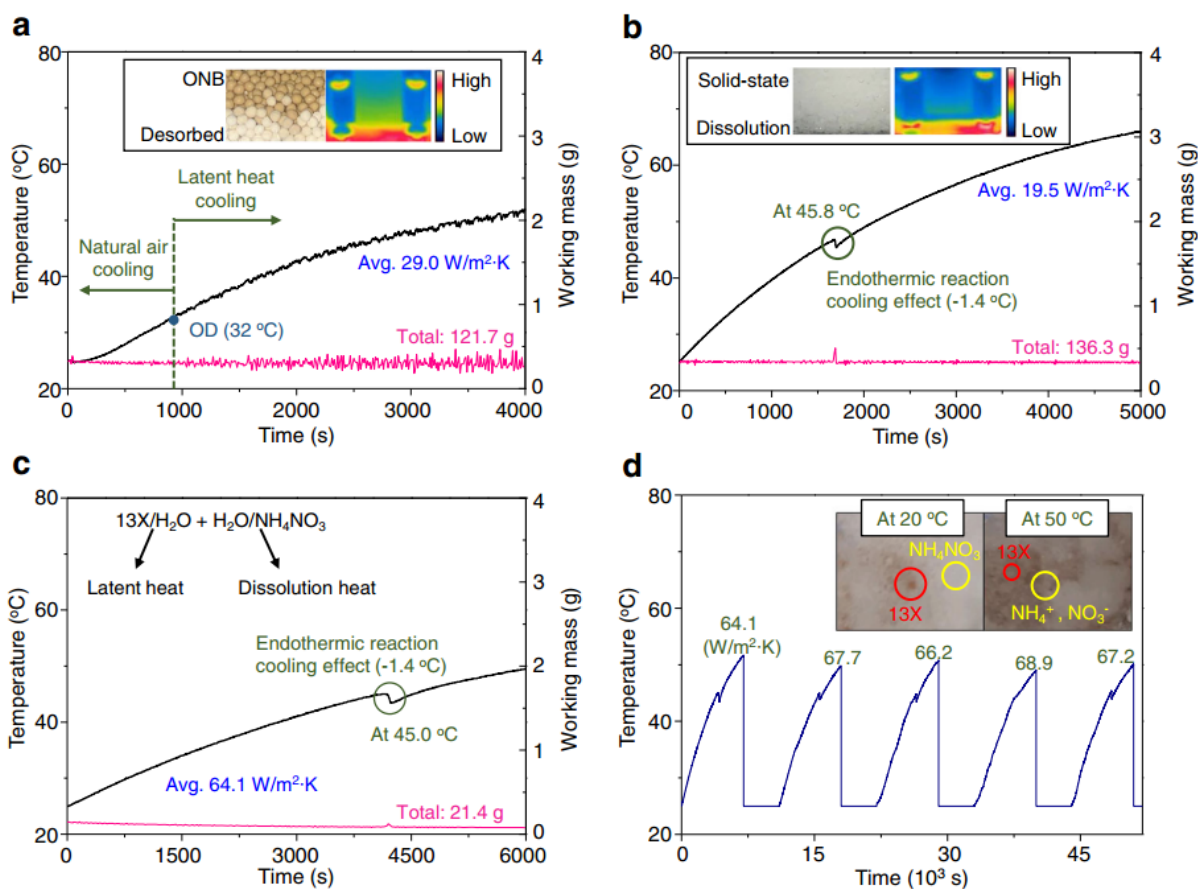
被动冷却装置概述。 a 利用水解吸链反应（一次潜冷）和硝酸铵溶解在水中（二次吸热反应冷却）与光伏电池集成的自覆盖被动冷却装置示意图。 b 发电时响应太阳辐射的冷却功率。 c 白天考虑内部成分的冷却原理。 d 夜间自我恢复过程。



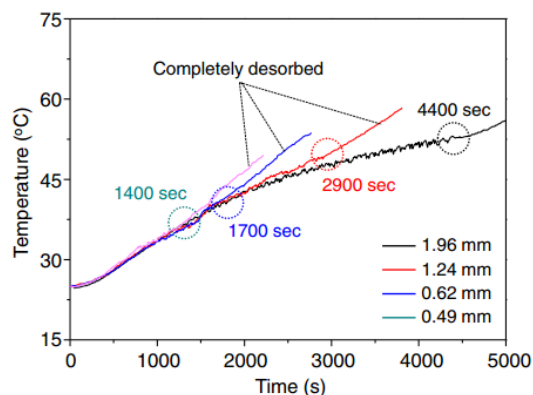
多孔材料的潜在冷却行为。 a 沸石13X的吸水性能。 b 考虑吸水性和反应热的潜在冷却能量密度。



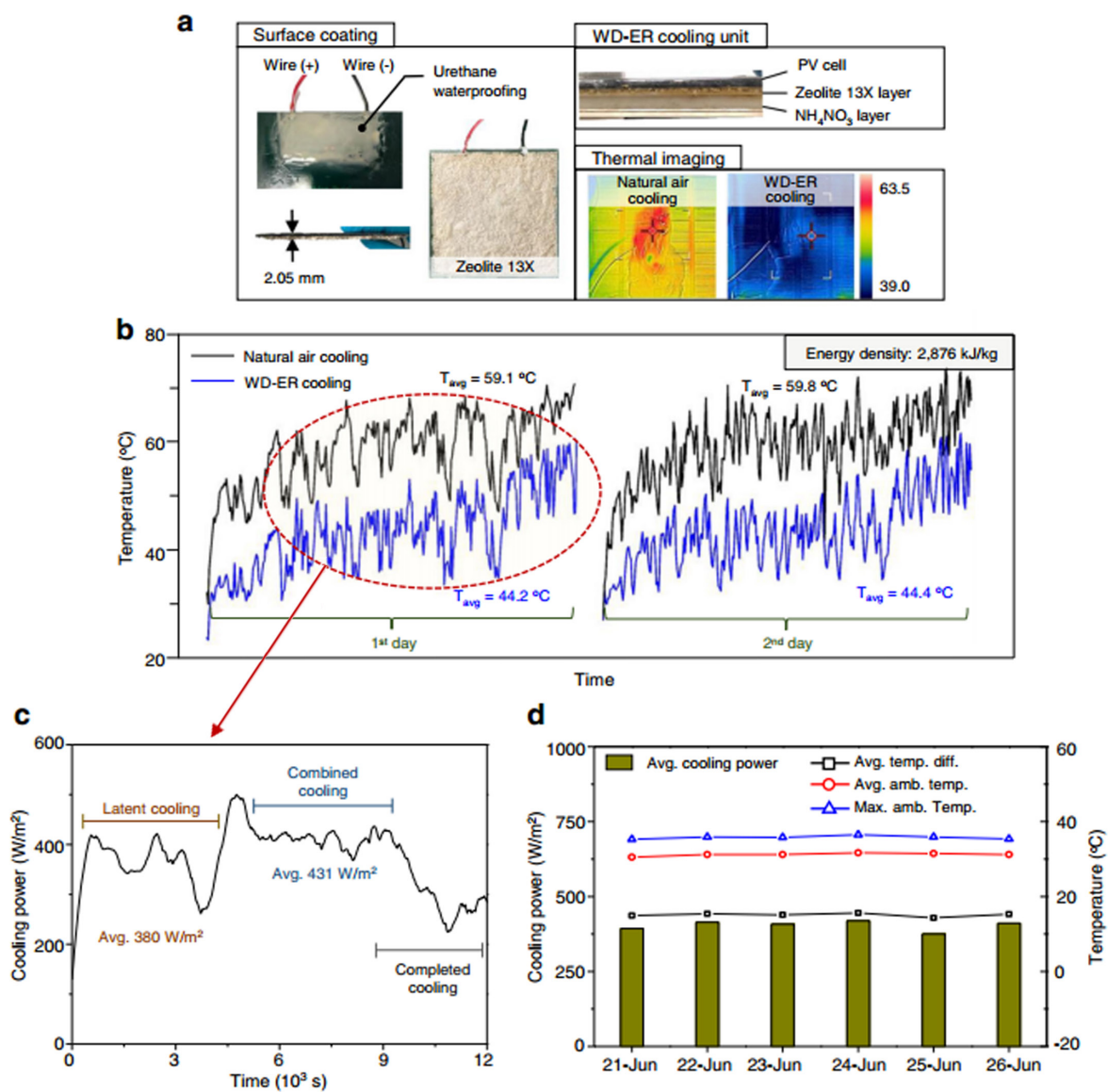
水解吸驱动吸热反应 (WD-ER) 冷却的吸热反应对理论分析。a 理想的溶解度和反应热。b 吸热反应冷却能量密度。



散热性能方面的散热方式。a 潜在冷却。b 吸热反应冷却。c 水解吸驱动吸热反应(WD-ER)冷却。d 重复WD-ER冷却。OD开始解吸。



潜冷散热性能与沸石膜厚度的关系。



水解吸驱动吸热反应(WD-ER)冷却装置在光伏电池中的实际应用。a 带有WD-ER单元的光伏电池图像。b 光伏电池一天内的温度变化。c 无自然对流的WD-ER机组净冷却功率密度。d WD-ER机组实际循环工作性能。源数据作为源数据文件提供。

(信息来源: 柔性材料器件微信公众号)



协同辐射冷却 / 吸放热反应的 25°C温控薄膜

nature communications



Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-024-52328-z>

Passive isothermal film with self-switchable radiative cooling-driven water sorption layer for arid climate applications

Received: 26 March 2024

Seonggon Kim¹, Sunghun Lee^{1,2}, Jehyung Lee^{1,2}, Hyung Won Choi^{1,2},

Accepted: 27 August 2024

Wonjoon Choi² & Yong Tae Kang^{1,2}✉

Published online: 12 September 2024

Check for updates

Reducing substantial energy demand of active heating, ventilation, and air conditioning in arid climates is of paramount importance. Here, we develop a

【摘要】

在干旱气候中，减少空调等系统的高能耗是非常重要的。近日，有学者开发了一种被动等温薄膜，可以通过自然现象在不消耗能源的情况下，保持温度接近25°C。这个薄膜包含一个由聚二甲硅氧烷（PDMS）、衍射光栅和熔融的SiO₂/Ti/Ag薄膜组成的辐射冷却单元，能够在白天实现辐射冷却。同时，该薄膜通过多孔材料中的水分蒸发（也叫潜热冷却）以及硝酸铵溶于水时的吸热反应来储存热能，进一步冷却。

到了晚上，通过PDMS的衍射效应减少热量散失，并通过化学反应释放热量来保持温度，抵消环境的热损失。整个系统在一天之内可以将冷却负荷减少约1.1 kW/m²，加热负荷减少约0.3 kW/m²。

这些结果表明，这种被动系统有可能为干旱地区提供不依赖空调等主动设备的温度调节方案，非常适合人类居住环境。



【研究背景】

在干旱地区，城市建设项目正在进行中，而制冷、通风和供暖的空调系统的能耗是个重大挑战。这些地区因为强烈的阳光暴晒，白天的气温可以高达60°C，而在日落后，由于空气湿度低和空气的低比热

容，气温会快速下降到冰点以下。为了让室内保持25°C的适宜温度和50%的相对湿度，依赖现有的HVAC系统来提供加热和制冷，能耗将非常高，几乎无法实现。因此，研究的重点是开发一种被动薄膜，可以通过自然过程在干旱气候下保持25°C的宜居环境，无需额外能耗。

为了应对白天过高的冷却负荷，研究人员讨论了不消耗能量的被动冷却方法，这些方法能够提供持续的冷却效果。例如，Raman等人报道了一种使用SiO₂/HfO₂/Ag/Ti材料的光子辐射冷却器，能够使温度比环境温度低4.9°C。不过，这种薄膜的制造成本较高，主要是因为使用了电子束蒸发法来沉积多层结构。最近的研究尝试了几种更低成本的解决方案，比如分层结构的聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、涂有PDMS的金属结构、木材脱木质素处理以及3D多孔醋酸纤维素基质内镶SiO₂。另有一些研究则探索了热化学反应的被动冷却方法，比如通过金属有机框架材料的水分吸附和解吸行为来实现的冷却。近年来本科课题组还通过硝酸铵的水分解吸驱动的吸热反应，显著提高了冷却功率和能量密度。

被动加热的方法包括太阳能的直接吸收，比如自然加热或特隆布墙，以及自然通风。然而，这些方法需要一个外部热源，因此在夜间室外温度急剧下降时，这些方法在干旱地区的应用受到了限制。尽管为了解决建筑应用中热能供应与需求之间的时间差，开发了能量储存系统，但这些系统往往结构复杂且成本效益不高。总的来说，被动冷却方法确实能够在白天降低干旱气候中的温度，但目前没有一种被动薄膜可以在不依赖外部热源的情况下减轻夜间的加热负荷。此外，单独使用辐射冷却薄膜时，夜间的热量损失可能会非常大，因为这些薄膜的热辐射功率可以达到366 W/m²，并且在室温下它们的发射率/吸收率接近1。



【研究内容】

研究人员开发了一种被动等温薄膜，结合了辐射冷却单元和水分解吸驱动的吸热反应（WD-ER）单元，能够在干旱气候下长期维持接近25℃的温度。这个薄膜通过自然过程工作，无需任何能量消耗，并且依靠其自切换特性，白天可以抵消自然界大约1100 W/m²的加热功率，晚上则可以抵消大约-300 W/m²的冷却功率。

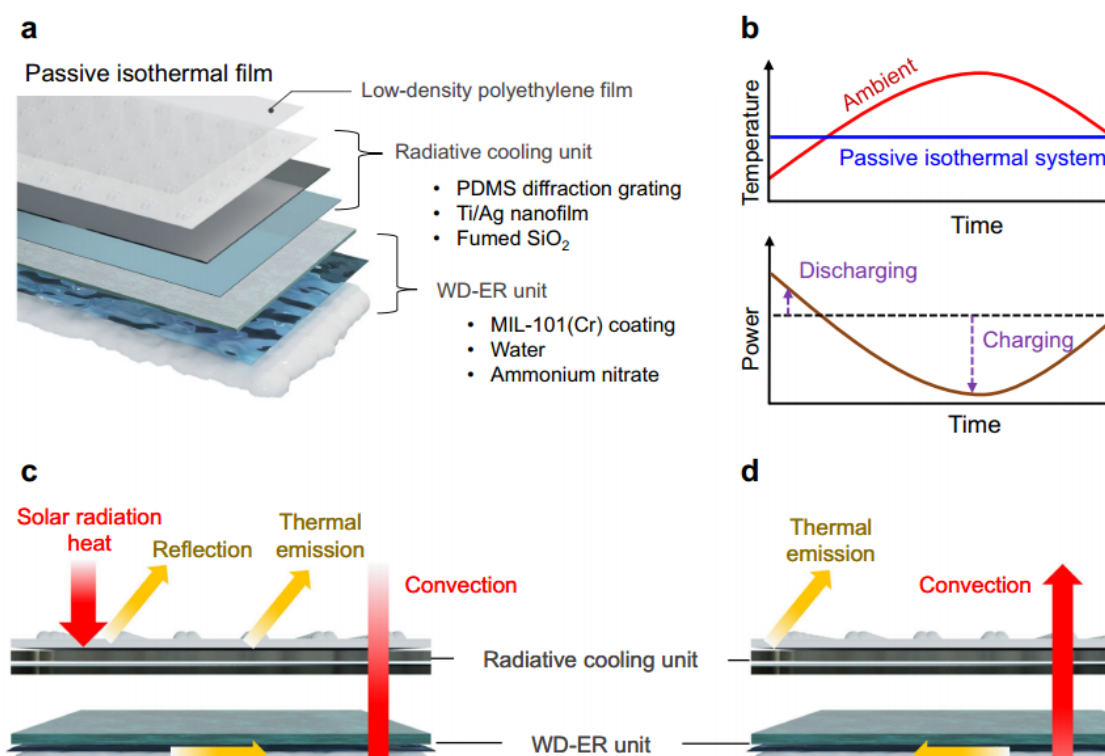
（WD-ER）单元包含MIL-101（Cr）与硝酸铵：

白天，随着温度上升，MIL-101（Cr）中的水分

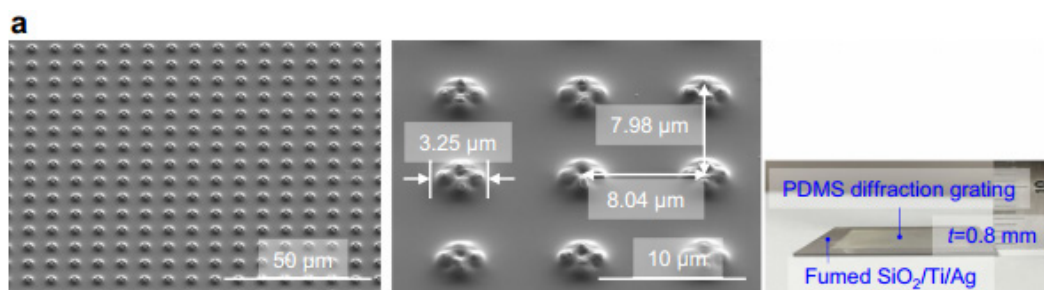
会被解析，也就是水会从MOF结构中解吸出来。而硝酸铵溶于水的吸热反应发生在有足够水分的条件下。因此，解析出来的水可以为硝酸铵溶解提供水源，这时硝酸铵会吸收热量并溶解在解析出来的水中，形成一个吸热反应，帮助在白天冷却系统。

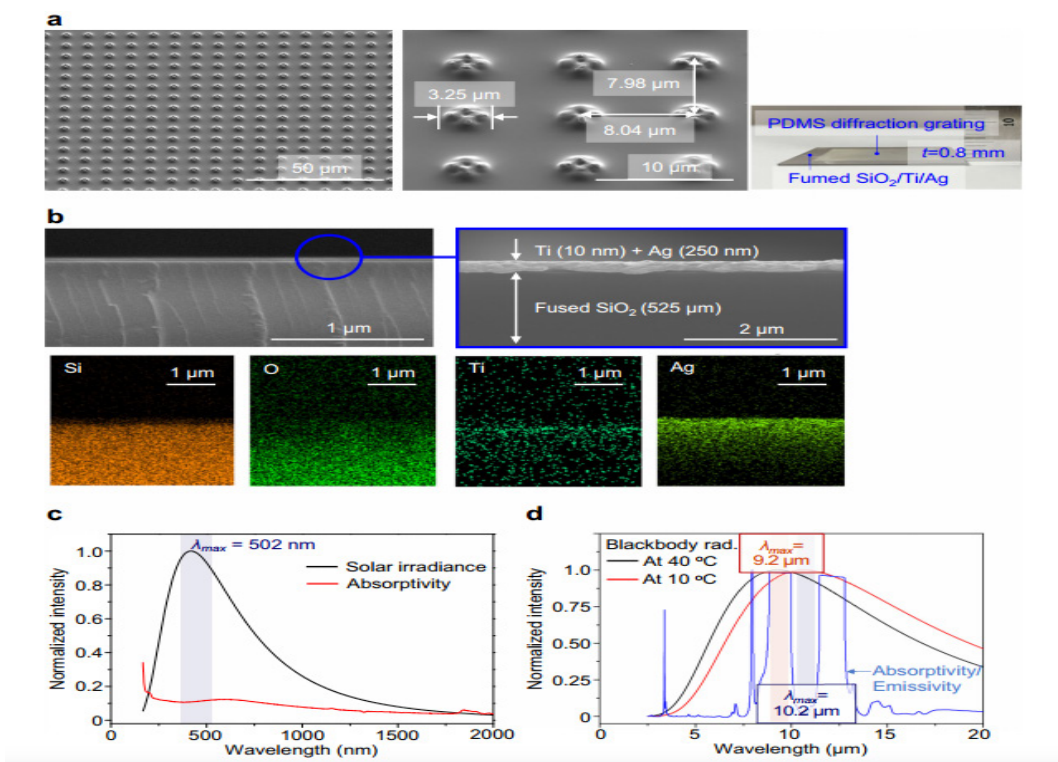
晚上，当外界温度降低时，MOF会重新吸收水分，硝酸铵的溶解反应会停止，把热量释放出来，系统同时通过减少热辐射来保持温度。这样，硝酸铵和MIL-101（Cr）的作用就实现了在不同时间段的互补，帮助系统在全天候稳定温度。

【图文解析】

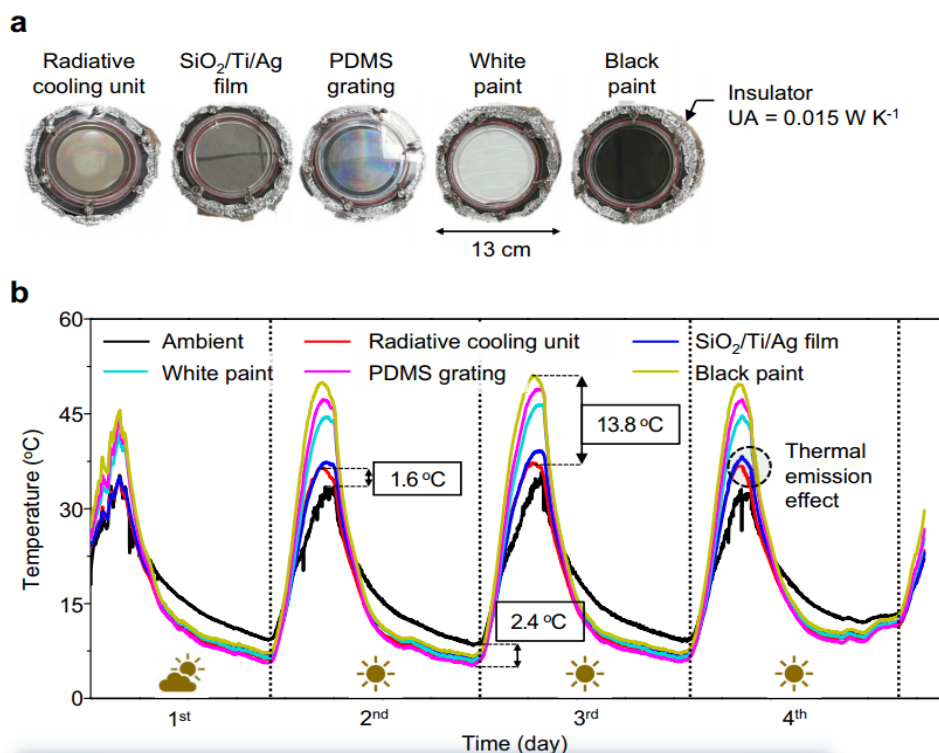


被动等温膜的示意图。 a 干旱气候条件下由辐射冷却和水解吸驱动吸热反应（WD-ER）层组成的系统结构。b 理论制冷和制热功率，全天保持25℃的等温线。c 白天的冷却机制。d 夜间加热机制。PDMS和MIL101（Cr）分别代表聚二甲基硅氧烷和对苯二甲酸铬（III）金属有机框架。

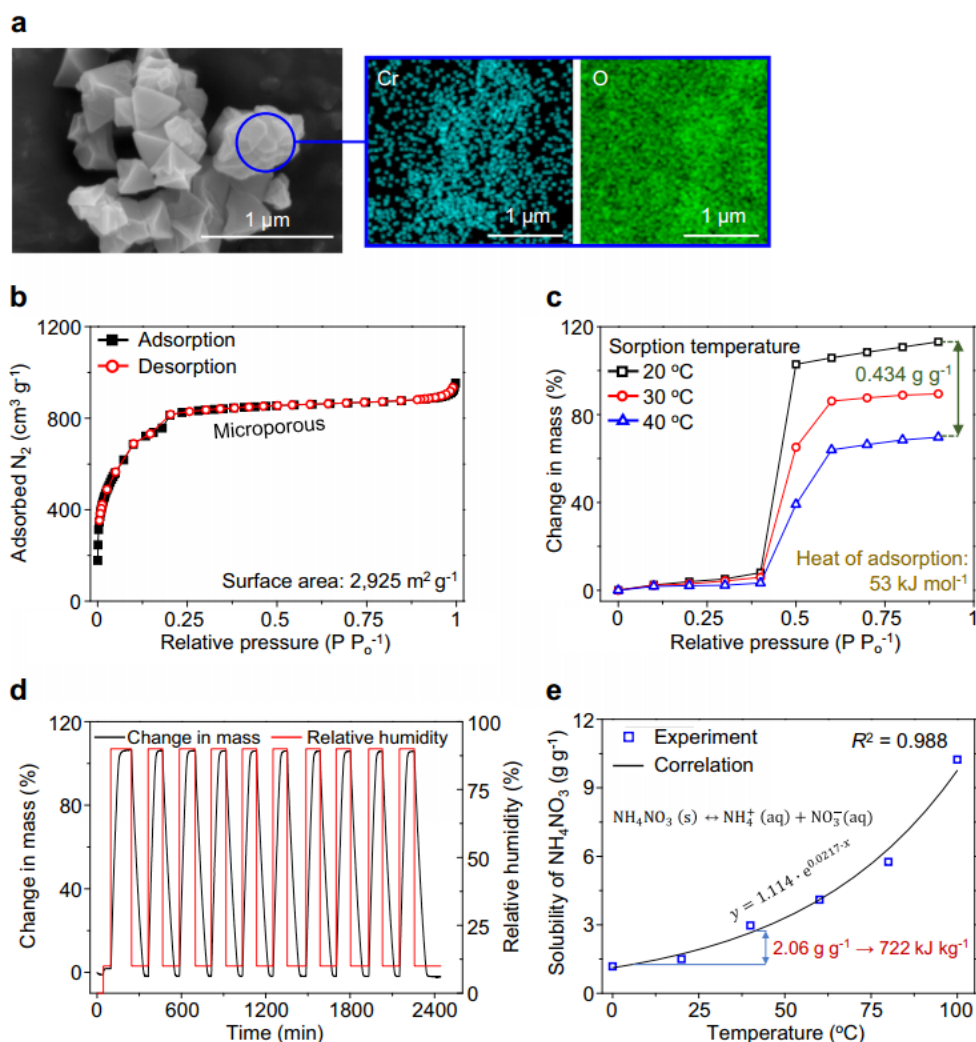




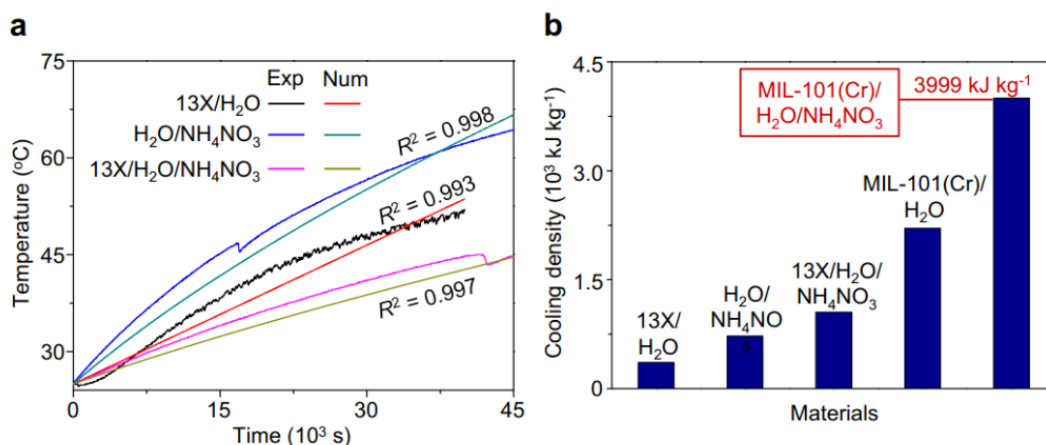
辐射冷却机组的特点。 a 聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 衍射光栅的场发射扫描电镜 (FE-SEM) 图像。 b 熔融 $\text{SiO}_2/\text{Ti}/\text{Ag}$ 亚层的FE-SEM图像和能谱分析 (EDS)。 c 辐射冷却装置在紫外-可见-近红外 (UV-VisNIR) 区域的归一化太阳辐照度和吸收率/发射率。 d 黑体的归一化热发射和辐射冷却装置在红外区域的吸收率/发射率。这是辐射冷却装置的厚度。 λ_{max} 表示在特定温度下电磁波的最大波长。源数据作为源数据文件提供。



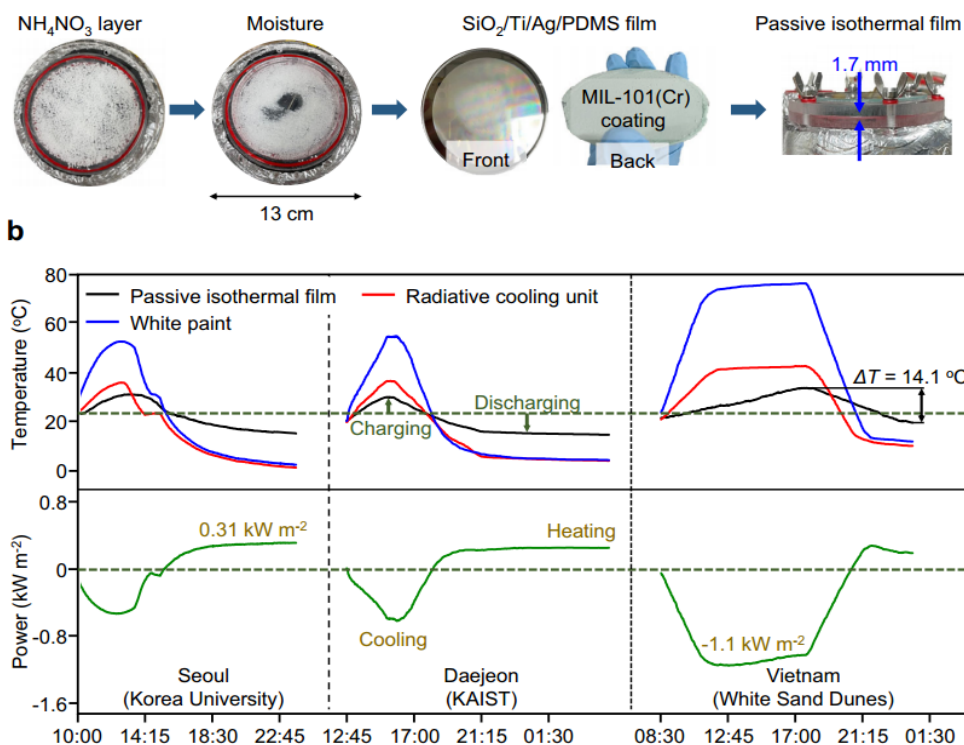
辐射冷却机组的实际性能。 a 实验装置的图像。 b 全天材料的温度变化。 UA和PDMS分别表示绝缘材料和聚二甲基硅氧烷的总换热系数。源数据作为源数据文件提供。



水解吸驱动吸热反应 (WD-ER) 装置的特点。 a 对苯二甲酸铬 (III) 金属有机骨架 (MIL-101 (Cr)) 的场发射扫描电镜 (FE-SEM) 图像和能谱 (EDS)。b MIL-101 (Cr) 的 N_2 吸附曲线。c MIL-101 (Cr) 的等温吸水曲线。d MIL-101 (Cr) 在23℃下的动态吸水循环。e 硝酸铵溶解度随温度的变化, 在5~50℃的工作温度范围内, 硝酸铵的能量密度为 $722 kJ kg^{-1}$ 。源数据作为源数据文件提供。



水解吸吸热反应 (WD-ER) 装置的实际性能。 a 散热过程数值分析的验证。预测值相对于实验数据的精度用 R^2 值表示。b 冷却能量密度。13X和MIL-101 (Cr) 分别代表分子筛13X和对苯二甲酸铬 (III) 金属有机框架。源数据作为源数据文件提供。



被动等温膜的演示。a 由辐射冷却单元和水解吸驱动吸热反应（WD-ER）单元组成的被动等温膜图像。b 被动式等温膜全天的温度变化和冷热功率。PDMS和MIL101（Cr）分别代表聚二甲基硅氧烷和对苯二甲酸铬（III）金属有机框架。 ΔT 表示一天中最高气温和最低气温之差。源数据作为源数据文件提供。

【研究团队】

Yong Tae Kang教授是韩国机械工程领域的知名学者，专注于热能系统的研究。他于1987年和1989年分别在首尔国立大学机械工程系获得学士和硕士学位，1994年在俄亥俄州立大学获得博士学位。之后，他在该校进行了两年的博士后研究，并于1997年成为日本东京农工大学的访问教授，同时在日本科学技术振兴机构（JST）担任特别研究员。



在东京农工大学工作三年后，Kang教授于2000年加入庆熙大学，并于2014年转入高丽大学担任教授。他的研究领域涵盖吸收式热泵、换热器设计、制冷系统、纳米流体以及利用纳米吸附剂的二氧化碳捕集。他发表了超过200篇国际和国内期刊论文，以及200多篇会议论文。

Kang教授还是多个国际专业组织的成员，包括ASHRAE、KSME、IIR、JSHRAE和SAREK。他的实验室于2010年被韩国科技部指定为国家研究实验室，他还获得了多个奖项和荣誉，包括2015年由SAREK、CAR和JSRAE联合颁发的亚洲学术奖。此外，他在2019年当选为韩国科学技术院院士，2020年成为韩国国家工程院院士。

他目前是《国际空调与制冷期刊》的主编，并担任《机械科学与技术期刊》的编辑。他还在多个学术领导职位上任职，包括2017—2019年担任高丽大学机械工程学院的BK Plus项目主任，2019年担任KSME热工部主席，现为SAREK的候任主席。

（信息来源：

柔性材料器件公众号）



可持续冷却

——如何在削减排放的同时满足制冷需求（三）

03

全球制冷政策和立法情况

超过80%的国家已经在至少一项关键政策或法律文件中将可持续制冷视为优先事项。然而，只有53个国家（占27%）制定了法规或法规框架，以支持制冷领域实施三个关键领域的行动，从而实现接近零排放的未来：实施被动制冷措施；提高能效；迅速减少高GWP的制冷剂。

3.1 国家制冷政策的现状

各国和地区在选择和实施不同的法规工具以实现可持续制冷目标的过程中存在差异。实现接近零排放路径的关键政策^[5]和法律工具包括最低能源性能标准（MEPS）、建筑能源法规和标准、减少制冷剂环境影响的标准、关税和财政激励计划、基于信息的政策、为了便于获得制冷设备而采取的跨领域政策行动，以及国家制冷行动计划。其中一些法规工具具有法律约束力或得到法律支持，而另一些则没有。

全球制冷政策概览调查

2023年5月，进行了一项调查，审查了全球193个国家的可持续制冷现有国家法规框架^[6]。这次全球制冷政策概览调查的目的是提供有关各国选择的制冷主要法规工具的状态和实施情况。

该调查由联合国环境规划署（UNEP）领导的清凉联盟设计，并由20位全球制冷专家审查。调查涵盖了与国家层面可持续制冷不断推进直接或间接相关的41个问题，包括：1）关于制冷的国家法规；2）制冷设备的获

取；3）冷链；4）制冷能效；5）建筑（能源）法规；6）制冷剂；7）促进政策。该调查的结构围绕着识别降低制冷过程中温室气体排放的行动，以及增强获取制冷设备和冷链发展的行动、数据和计划。

数据主要通过案头调研收集，除了来自可持续制冷领域从业者和专家的直接回应。结果基于可获取的开源数据，因此属于最佳估计。这些调查结果已与其他公开报告相互核实，以确保准确性和一致性。有必要在全球范围内对制冷领域的法规工具进行持续严格和一致的跟踪，以进一步提高数据的准确性。

调查未涵盖与制冷相关的地区级别的法规工具。

例如，一些加勒比国家已经采用了加勒比共同体地区能效建筑法规，旨在提高热带环境中建筑的能效，可能对可持续制冷和制冷设备获取方面产生影响。同样，西非经济和货币联盟的工作重点是制定自愿的区域能效建筑规范。

调查的主要结论

全球制冷政策概览调查结果显示，几乎所有受调查国家都认识到通过最少一种主要法规工具（最低能源性能标准，建筑能源法规以及解决制冷剂排放问题的努力）推动可持续制冷的重要性。此外，一些国家（如柬埔寨和肯尼亚）已经采用了如国家制冷行动计划的框架政策（柬埔寨2022年；肯尼亚2022年），一些国家（如孟加拉国和越南）已经根据《巴黎协定》将降温纳入其国家自主贡献（NDC）（孟加拉国），环境、森林和气候变化部（2021年；越南社会主义共和国2022年）。

总体而言，超过80%的受访国家至少制定了三项主

^[5] 在本报告中，政策主要指一项计划、指导方针、战略或一套指导行动以实现目标的原则（例如国家制冷行动计划、信息方案等）。立法即为立法机构（如议会、国会或大会）通过的任何主要立法，以及由主要立法授权的当局颁布或发布的任何次要立法（如法规、法令、附则或法定文书）。政策和立法在本报告中统称为监管文书。

^[6] 这项调查在联合国所有193个成员国进行。然而，没有关于朝鲜民主主义人民共和国的数据。这项调查只关注国家政策；区域和地区政策并未纳入评估。

要监管手段中的一项，这些手段支撑着将制冷部门转向接近零排放的目标。此外，约有75个国家在国家自主贡献目标、气候计划或战略中确定了制冷及相关政策，以实现温室气体排放接近零的目标。

◆ 115个国家（59%）已经建立了制冷和制冷技术的 MEPS。然而，在亚洲、大洋洲和非洲，40%~60% 的国家没有涵盖制冷或制冷设备的 MEPS。

◆ 83个国家（43%）制定了国家级建筑能源规范，以确保能源效率表现的最低标准。然而，这些国家建筑能源法规中只有68条是强制性的，还有更多（32条）正在全球范围内开发。

◆ 超过150个国家（超过75%）已批准、接受或核准《蒙特利尔议定书》的《基加利修正案》，逐步减少

高GWP制冷剂。超过110个国家（60%）在设备维修期间考虑制冷剂回收，或在其政策中考虑制冷剂处理。

很遗憾，只有 53 个国家（占 27%）制定了规定或法规框架，通过强制性能效标准（MEPS）、强制性建筑法规和批准基加利修正案，在制冷和制冷领域采取行动的措施。

<60% <45% >75%

的国家已经为
冷却和制冷技
术建立了MEPS

已经建立了国
家级的建筑能
源法规

已批准、接受
或通过《基加
利修正案》



53个国家制定了条例或
监管框架，以便能够在
所有三个方面采取行动

但根据第2章的模型，基准场景将导致2050年的制冷排放量比2022年仅低2%。调查结果表明，在许多国家，可能需要加强监管手段，以增加获得制冷的机会，同时减少能源使用和排放。许多国家需要定期更新相关监管措施，以确保取得有效成果。

G20国家完全有能力引领向可持续制冷的过渡，因为它们占全球温室气体排放量的85%左右，占国际贸易流量的75%（G20 2023年）。然而，调查发现，目前只有一半的G20国家在其建筑规范中纳入了制冷和反射表面的标准。

同样，只有一半的G20国家制定了对营养和粮食安全、获得医疗保健以及农业和相关部门就业至关重要的冷链规划。

旨在为所有人提供制冷服务的监管手段是有限的，面对不断上升的极端高温和未来制冷情景中预期的不平等，这些监管手段应该得到加强。

3.2 整合和实施一套最佳监管工具

选择和设计一套最佳的管理手段必须考虑到有关国家的具体情况、承诺和目标。一个国家的法律规范和传统、政治可行性和社会背景将对应采取何种管制方案产生重大影响。国家、地区和以城市为基础的办法相结合也可能是适当的，以确保地方政策补充国家办法。在所有情况下，在设计和执行混合管制工具时都需要考虑到一些交叉问题。这些问题包括围绕以人权为基础的方法、明确和协调的任务、机构能力和定期审查机制，以及确保有效实施、遵守和执行的其他工具。

制冷的监管生态系统可能很复杂，涉及多个利益相关者。第一类是家用电器的MEPS，直接促进节能电器的使用，并根据《蒙特利尔议定书》、《基加利修正案》规范制冷剂的使用。其他工具包括从整合被动战略的建筑能源规范到公开披露食品损失数据的要求，以支持投资冷链的商业案例。还需要有效的治理和授权，以支持向低全球升温潜能值制冷剂的过渡，并减少制冷剂

泄漏和制冷剂设备使用寿命结束造成的排放。

以下章节提供了三个层面的监管工具的更多细节：

1) 制冷设备；2) 建筑规范与建筑环境；3) 系统级可持续性。

设备层面的制冷策略

能效标准和标签计划

自1970年代以来，已经制订了促进提高设备能源效率的标准和标签政策。这些措施有助于避免市场成为无法在其他地方销售的旧产品或过时产品的倾销场（联合国环境规划署效率联合组织[U4E] 2017）。这些政策使用以下一种或两种辅助工具作为基础，以提高制冷设备的效率性能（IEA 2021）：

◆ **最低能源性能标准（MEPS）**，规定了投放市场的新产品的最低能源效率要求（IEA 2022）。通过实施和执行MEPS，各国可以加快淘汰过时的制冷技术，确保现有库存被高效型号所取代，避免成为废旧或过时产品的倾销场（UNEP U4E 2017）。

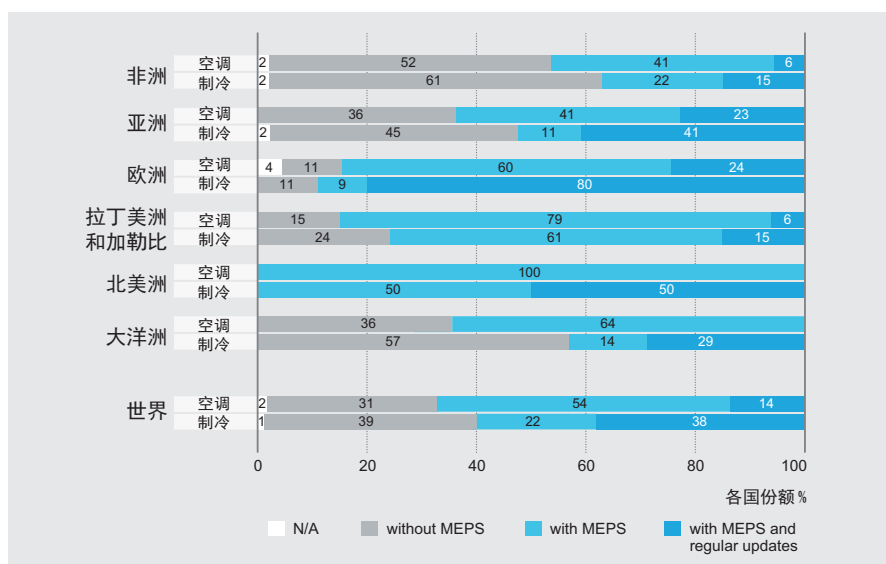
调查结果显示，131个国家（68%）建立了用于空调制冷的 MEPS，117个国家（61%）建立了用于制冷的 MEPS（图3-1）。这些国家包括世界上最大的经济体：美国和中国。然而，在区域内缺乏普遍应用环境和能源标准，需要各政策部门之间的利益攸关方参与，以实现节能减排。

◆ **能源标签**。这为消费者在购买产品时提供了能源效率和其他关键特性的清晰指示。在美国和欧洲联盟等

地，长期实施的能源标签方案每年减少了约15%的用电量（环境规划署臭氧秘书处2023b）。

调查结果显示，世界上有一半以上的国家缺乏旨在鼓励消费者高效行为的计划。效率联合联盟的示范条例准则和能源标签指南（UNEP U4E n.d.a; UNEP U4E 2021a）是各国需要考虑的关键资源。国家节约评估（UNEP U4E n.d.b）等工具首次在国家一级估计了采用新的或修订现有的 MEPS 和标签的节电、降费和温室气体缓解潜力。这些干预措施必须以监测、核查和执法为基础，正如效率联盟关于确保遵守欧洲议会议员和能源标签以及使用产品注册系统的指南（UNEP U4E 2021b; UNEP U4E, 全球环境基金和基加利冷却效率方案 2019）。加强能力建设是确保官员和供应商承担责任的关键。

区域合作和政策协调有助于释放合规产品的规模经济，并有助于更好地监督和执法。例如，东非共同体、南非发展共同体（SADC）、东南亚国家联盟（东盟）和其他区域集团正在制定通过强有力的 MEPS 的路线图（UNEP U4E 2021c; UNEP U4E 2023a）。在非洲，东非可再生能源和效率卓越中心（EACREEE）和南非发展共同体可再生能源和能源效率中心（SACREEE）与 UNEP 的联合促进效率倡议合作，为家用冰箱和室内空调制定统一的 MEPS 和标签，目标是加速向使用低 GWP 制冷剂的节能电器过渡（UNEP U4E 2021d）。与目标受众的沟通和外联对于传达为什么以及如何利用这些政策和计划至关重要。



注：在空调领域，调查评估了各国是否每两年更新一次MEPS（确定为MEPS和定期更新）。在制冷行业，调查评估了MEPS是否作为最佳可用技术（BAT）的一部分定期更新（确定为MEPS和定期更新）。

图3-1：截至2023年5月，在空调制冷和制冷行业实施了MEPS（并定期更新）的国家（按地区划分）所占比例

逐步淘汰具有高GWP的制冷剂

按照《基加利修正案》的要求，逐步减少高GWP制冷剂的使用，对于实现冷却设备的近零排放至关重要。这一逐步减少的实施可以采取基加利实施计划、逐步减少氟化气体使用的条例以及对各国为控制消耗臭氧层的制冷剂而制定的现有条例进行修正的形式。

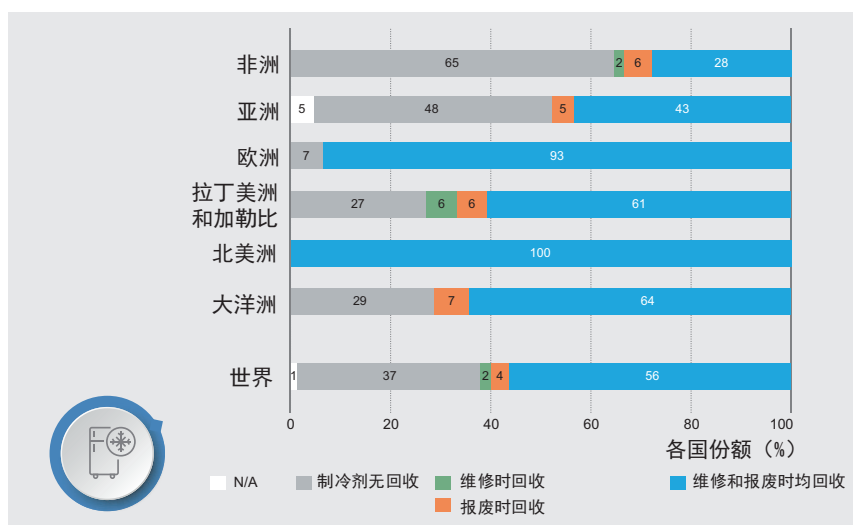


图3-2：截至2023年5月，在空调制冷和制冷行业实施了MEPS（并定期更新）的国家（按地区划分）所占比例

禁止弃置旧设备及非法买卖制冷剂的措施

随着高收入经济体实施更严格的设备标准，它们经常通过二级市场向发展中国家出售质量较低的制冷设备。对于受援国来说，这可以延长采用效率标准和逐步淘汰旧产品之间的时间。假冒和受管制制冷剂的非法贸易也对发展中国家构成重大威胁。

在执行标准的同时，制定国家进口关税和国际议定书对于防止过时设备的倾销是必要的。阻止倾倒的最有效政策之一是制定适当的环境保护措施和标签计划以及相应的有利生态系统（Agyarko 2020）。调查结果显示，在68个可获得数据的国家中，有28个国家设立了国家进口关税，限制或限制制冷或冷却设备的获取，以防止倾销。

如果没有适当的监管环境，撒哈拉以南非洲国家可能会在15到20年内被过时的技术所困（CLASP和治理与可持续发展研究所[IGSD] 2020）。对10个非洲国家的分析发现，2018年销售的空调总量中有四分之一低于原始制造国的MEPS要求，从非洲公司以外进口的低效率空调中有25%使用受管制的制冷剂气体（CLASP和IGSD 2020）。非洲制冷和空调利益相关者协会联盟谴责了淘汰老旧空调设备的行为，并签署了卡萨布兰卡声明，以

图3-2显示了各地区对全球高GWP制冷剂实施相关法规（包括维修过程中回收和/或制冷剂处置）的国家比例。理想情况下，各国应使MEPS与其逐步淘汰高GWP制冷剂的法规保持一致，尽管很少有国家这样做（有关能源效率与制冷剂逐步淘汰之间的协同作用的更多信息，请参见第6.4节）。

限制高GWP制冷剂的泄漏，并防止在《蒙特利尔议定书》（非洲协会联盟）下逐步淘汰制冷剂所带来的未来成本。

各国政府可以通过提供进口和税收减免以及其他融资机制（见第7章）来提高环境友好型制冷设备的成本效益和可负担性。

建筑层面的制冷政策

整合能源效率和被动式冷却标准的建筑规范

目前，约五分之一的建筑物用电量用于运行空调和其他制冷设备（国际能源署2018年）。实现低能源负荷（以及相关成本节约）的最有效监管手段之一是在住宅和商业部门实施建筑能源规范。这些规范应确保采用被动冷却措施（例如基于自然的解决方案、冷却材料、建筑围护结构、自然通风和人工遮阳）来预防、调节或散热（见第4章）。研究表明，被动冷却可以帮助将建筑物的能耗降低8%~70%（Song et al.2021）。

建筑能源规范可以大幅降低冷负荷，从而减少制冷设备的增长及其相关的能源使用和排放。目前，只有83个国家（43%）制定了建筑能源法规。在这些国家中，只有68个国家（35%）有强制性建筑规范，另有32个政

府正在制定和发布其规范（UNEP全球建筑和建设联盟2022）。不到50个国家（26%）将被动式冷却解决方案（如冷表面和反射表面）纳入了规范。

建筑规范可以进一步加强对能源和材料性能的具体要求，以实现系统级的效率。例如，在加纳，MEPS的实施与新的建筑规范的建立相结合（加纳标准局2018；UNEP（Unep, 2020）。在美利坚合众国，在过去四十年中，地方各级实施的建筑能源规范使建筑物的能源使用量减少了40%以上（2022年节能联盟）。

虽然世界上一些地区存在建筑能源规范，但关于其进展和实施的明确指标仍然薄弱，而且在许多国家，尽管它们具有环境效益，但很少得到充分执行。由于知识不足、统计不完整、评估方法不一致以及执法和监测不足，当局往往缺乏建筑能效要求（Ürge-Vorsatz et al.2020）。在公共建筑中强制执行建筑能源规范的合规性可以是一个重要策略，有助于大规模推广和采用。

绿色建筑

除了建筑规范，许多国家还使用评级系统来提高建筑性能。例如，在印度尼西亚，环境部增加了对绿色建筑的要求，包括使用不消耗臭氧的材料、节能基础设施和可持续材料。印度尼西亚绿色建筑委员会的绿色评级

系统综合环境、气候和能源政策，评估能源和制冷剂的效率（印度尼西亚绿色建筑委员会）。然而，为了实现全球向制冷近零排放的过渡，所有国家都需要支持大力实施建筑能源规范。

增强可持续性的综合方法

建议采取综合政策方法，加快向节能和使用低GWP制冷剂的制冷设备过渡（专栏3-1）。

整合MEPS，建筑规范和制冷剂行动

单独来看，MEPS、建筑规范和制冷剂行动不足以应对当前的挑战。决策者应考虑制定监管框架，以确保政策的目标是协同实施建筑规范、向低GWP制冷剂过渡、提高能源效率和非化石能源生产（见框3-1关于摩洛哥的案例研究）。国家制冷行动计划提供了这种综合法规框架的一个例子，它能够协调多个群体，制定前进的方向，以促使新政策与现有政策的重叠和相互增强，从而实现更多的效益。这一点将在下面的子章节中讨论。

多方利益攸关方倡议

随着对冷链需求的激增，各国政府正开始制定冷链准则和框架，并在多个层面汇集多方利益攸关方的举

专栏 3-1：案例研究：在摩洛哥整合可持续降温政策

自2010年以来，摩洛哥在区域和国家层面推出了一系列旨在减少建筑和电器能耗的政策和举措（表3-1），因此是可持续制冷的关键。在建筑领域，政策包括生态设计、能源标签和建筑能源性能和能源效率指南，这些政策自2015年以来已被纳入《建筑热管理条例》，并要求在建筑许可证层面实施。对于制冷和空调机组，摩洛哥根据机组的容量制定了不同的标签标准，并根据其季节性性能定义了空调的能源等级。

摩洛哥政府正在与国内银行和国际非政府组织合作开展相关活动，包括制定（和试点）生命周期碳足迹分析指标；公共和批量采购高效和超高效空调；以及在摩洛哥发展一个经济实惠的超高效空调供应链。

表3-1：影响摩洛哥建筑和电器能效的政策

政策	时间
关于强制适用摩洛哥标准的第927-20号法令。光伏产品和太阳能装置	2020
关于强制性能源审计和能源审计组织的第2-17-746号法令	2019
公共建筑能源效益计划	2019
空调MEPS	2018
国家自主贡献（NDC）	2016
MorSEFE	2015
关于建筑物热调节的第2-13-874号法令	2014
摩洛哥标准NM 14.2.300	2010

措，以支持向接近零排放和公平的冷链过渡。发展中国家在发展和粮食供应方面都面临挑战。各国政府必须紧急认识到，要实现这些目标，就需要为粮食和药品建立一个端到端、可持续、有弹性、包容性和公平的冷链。

ENOUGH是一项耗资数百万欧元、为期四年的计划，汇集了来自9个欧盟国家以及挪威、英国和挪威的30个合作伙伴（SINTEF 2023）。该项目将支持欧盟的“从农场到餐桌”战略，提供技术和非技术工具和解决方案，到2030年减少温室气体排放，并支持食品工业到2050年实现碳中和的努力。该项目将生成食品链排放的当前信息，制定战略路线图（技术、政治和财务），并开发数字和智能数据工具，以量化和基准衡量食物链中的能源使用和排放。它将展示从农场环节到消费环节的食品部门清洁和可持续技术。

国家制冷和热应对计划

40多个国家制定了国家制冷行动计划（NCAPs），这是朝着协调行动和增强信心迈出的令人鼓舞的一步。形势正在迅速变化，特别是在拉丁美洲和亚洲，阿根廷和墨西哥以及中国、印度和印度尼西亚最近都采用了国家制冷行动计划。拉丁美洲（如智利、哥伦比亚、巴拿马和乌拉圭）以及南亚和东南亚（如孟加拉国、柬埔寨、斯里兰卡和泰国）的一些国家都采用了国家制冷行动计划，并在其关键气候战略中提到了制冷问题。截至2023年10月，25个国家正处于准备NCAPs的不同阶段。

国家制冷行动计划（NCAPs）被认为是促使提高效率 and 制冷剂过渡相互关联的催化剂。它们有助于更好地整合各种制冷政策和优先事项，包括最低能源性能标准（MEPS）、建筑法规、制冷剂过渡以及为制冷设备提供电力的电力容量规划。这些优先事项通常由不同的政府机构或实体管理，例如来自能源、工业、技术和商业、环境、投资和金融以及国际合作的利益相关者。作为跨部门计划，NCAPs使各国能够吸引资金用于实施。如果设计和实施得当，它们可以推动制冷在国家发展和环境议程中的主流化；发现制冷设备的差距；并改善机构和跨部门协调、公众意识以及利益相关者参与度。

NCAP的实施情况存在差异。尽管一些国家（如印度和中国）在其NCAP中包含了实施机制，但推进进展较为缓慢。为支持印度的制冷行动计划（印度政府2019年），世界银行已确定了在印度制冷市场的投资机会，总额为1.6万亿美元，这将创造370万个就业机会（世界银行2022a）。为了动员这样的投资机会，NCAP应该作为跨部门、跨机构、国家层面的努力来开展，以显示政府对制冷的优先考虑（联合国环境规划署等，2021a）。为实施制定有针对性的结构、时间表和融资机制将有助于在国家层面制定接近零排放轨迹。全球制冷专家，包括联合国环境规划署在内，已经研究出一种NCAP发展方法，为各国提供了可供参考的蓝图（联合国环境规划署等，2021a）。

专栏 3-2:

制定高温行动计划：高温行动平台在线资源

随着地方和区域政府认识到应对热举措的必要性，他们需要本地相关的工具来支持和简化实施。高温行动平台是一个在线资源，汇集了全球经验和专业知识，以帮助城市从业者、决策者和发展金融机构降低热风险和影响。

该平台的全面热规划框架引导用户了解风险评估、制定高温行动计划、选择干预措施以及融资、监测和评估项目的最佳实践。平台的热政策工具是一个可过滤的储存库，包含90种适应高温解决方案的日益增长的数据库，是一个为全球用户提供定制解决方案的优先考虑工具。

高温行动平台（heatactionplatform.onebillionresilient.org）是由阿德里安·阿什特-洛克菲勒基金会适应中心、联合国环境规划署领导的清凉联盟、极端高温适应联盟、全球市长气候与能源契约、任务创新联盟、落基山研究所（RMI）和世界经济论坛共同开发的。

来源：Atlantic Council n.d



Nice, France
Photos: Jonas Weckschmied
unsplash.com



**90种适应高温
的解决方案，数
据库持续增长。**

87个国家已经制定了更广泛的国家适应计划和战略。

值得注意的是，87个国家已经制定了更广泛的国家适应计划和战略，重点是在中长期内确定和解决气候变化适应需求。许多国家还实施了高温行动计划（见专栏3-2），这同样有助于简化和协调可持续制冷行动。葡萄牙的热浪应急计划是为了应对2003年的热浪而制定的，它在高温时期减轻了热应激对健康的影响，每天的警报指导实施保护措施，以保障人口的安全（Climate-ADAPT 2023a）。北马其顿的国家热健康行动计划包括一个热健康警报系统，整合了健康保护政策、增强意识的努力以及分配资源来管理与高温相关的健康效应（Climate-ADAPT 2023b）。

将制冷行动嵌入国家自主贡献（Nationally Determined Contributions, NDCs）

可持续制冷在增加各国根据巴黎协定减排的自主贡献（NDCs）的雄心方面发挥着关键作用。预计到2050年，制冷领域将产生约39亿吨二氧化碳当量的排放，相当于当今全球排放的15%。在NDCs中明确提及制冷和制冷设备将促进采用经济有效的缓解方案，支持减排措施，以实现更广泛的零排放目标，同时具有强烈的发展共同效益潜力。

到目前为止，有73个国家（占39%）在其NDCs、气候战略或零排放战略中提到了制冷和与制冷相关的政策。通过采用对气候友好的制冷策略，国家可以采

取切实可行的措施来加强其NDCs，其中包括 passively cooled 建筑、更高效的设备和电器，以及低全球变暖潜能（GWP）（<30）的冰箱（Clean Cooling Collaborative 2021）。

巴基斯坦的NDC提交中，将制冷列为优先事项，包括制定NCAP作为一项适应措施（SEforALL 2022b）。

柬埔寨制定了一项全面的NCAP，并在其修订后的NDC中纳入了大量的制冷措施，重点是将被动冷却策略整合到绿色建筑指南中，从而获得了气候融资（Kingdom of Cambodia 2020; Kingdom of Cambodia 2022; UNEP 2023b）。

越南在其实现到2050年零排放的国家气候变化战略以及更新后的NDC中，优先考虑城市制冷和被动策略，同时部署冷链以减少排放并最大化社会经济发展（Climate Action Tracker 2022; Socialist Republic of Viet Nam 2022; UNEP Cool Coalition 2023）。

国际合作与协调

温控供应链网络十分复杂，需要在利益相关方、国家和大陆之间进行协调。对于冷藏问题缺乏适当解决方案、技术培训有限以及陈旧技术的使用可能导致解决方案存在缺陷，错失减排机会，以及更高的财务成本。解决这些问题需要在各地区和社区推动冷链系统的可持续发展，就像在非洲通过成立专门的中心来实现的那样（见专栏3-3）。

专栏 3-3：案例研究：非洲可持续制冷与冷链卓越中心

非洲可持续制冷与冷链卓越中心（ACES）是首个致力于可持续制冷和食品健康冷链的非营利中心。其目标是成为“农场到餐桌”和“疫苗制造商到接种点”沿线技术和商业援助、培训和知识转移的一站式服务提供商。ACES还将促进国际合作，推动创新，创造新的商业机会，并确定、协调和获得资金，同时提供建议以制定政策。

ACES由卢旺达大学托管，位于基加利的卢比里齐校区，开展合作研究，测试新设备，并制定知识、培训计划和健壮的商业模式。这些工作将与非洲各地的专业外展和知识中心（SPOKES）相辅相成，这些中心将展示解决方案如何在实际的现实应用中部署，并提供对当地社区的外展学习、培训和知识转移以及技术援助的支持。第一个SPOKE正在肯尼亚开发，计划在第一阶段开发另外三个。

ACES的模式计划成为全球网络的旗舰，与印度的另外两个卓越中心合作（位于海得拉巴和哈里亚纳）。在社区层面，该计划将为农民及其社区提供现场培训和支持，设计可持续的社区制冷和冷链解决方案，并为收获后的管理开发可融资的商业模式。它还将支持本地和国际技术公司将其技术大规模推向市场。在宏观层面，ACES正在制定工具模型和评估方法，更好的了解社区和国家层面的冷链需求，以及实现这些冷链接入可能带来的意外后果。

3.3 促进获取制冷设备的法规措施

尽管制冷对健康、生产力和食品安全有明显的好处，但全球对制冷设备的可获得性分布不均。为了增加获取机会，需要采取政策，提高制冷设备的经济性，改善被动热舒适性，并整合以自然为基础的解决方案，尤其是在住宅领域（ fastest 增长的制冷领域）和对弱势群体。在不进行改善的情景下，尽管全球制冷能力有望增长，但全球最脆弱的人口仍将缺乏获取制冷设备的机会。

提高空调冷却的舒适性

面对日益加剧的热应激和气温升高，国家级政策工具，如国家适应计划和战略、国家制冷行动计划，提供了一个重要机会，让各国评估其制冷挑战的规模并改善获取机会。然而，只有96个国家，大约占全球国家总数的一半，建立了国家级的战略或政策以增加对制冷设备的获取（见图3-3）。这导致许多国家，包括非常炎热的地区，如非洲、亚洲和拉丁美洲，在这方面没有相应的政策。同样，正如前文所讨论的，不是每个国家都提出了解决热应激和制冷设备获取问题的国家适应计划和战略。

目前，全球超过五分之一的人口要么无法获得电力，要么无法获得可靠的电力（CDC Group 2019），或者没有能力购买冰箱。在这种情况下，通过被动干预（包括以自然为基础的解决方案）以及可行的离网解决方案来获得热舒适变得至关重要（参见第5.2节）。已经证明，整合以自然为基础的解决方案来降低热应激和制冷 - 如城市森林、湖泊和水体、绿色走廊和开放的绿地

- 可以最多实现12℃的降温（Schwaab等人，2021年）。

在58个有数据的国家中，只有20个国家制定了有关离网制冷的政府政策或计划，而这将对最需要制冷设备的人提供关键支持。其中包括非洲的博茨瓦纳和南非；亚洲的印度、印度尼西亚和伊朗伊斯兰共和国；以及拉丁美洲的哥伦比亚和巴拉圭。

鉴于离网制冷应用市场尚处于起步阶段，需要更多的政策关注于提高城市和农村环境中无电网接入人群的热韧性。重要的是要考虑那些能够在无电网或电力供应不稳定的情况下工作的韧性技术。另一个需要优先政策关注的领域是制度化数据收集。那些没有关于制冷获取国家战略但收集了有关设备拥有情况、制冷获取率和差距的数据的国家（见图3-3），如爱尔兰和尼加拉瓜，可以设定制冷获取的目标，并将其整合到相关的气候和能源政策中。

加强冷链的可及性，防止粮食损失

随着对食物需求的迅速增长，通过更好的制冷设备减少食物损失可以缓解价格上涨，并提高食品安全，尤其是对最贫困家庭。高效的冷链系统对于满足对温度敏感的食品和医疗产品的不断增长的需求至关重要，包括疫苗（UNEP和FAO 2022年）。

目前，全球有94个国家，大约占有所有国家的一半左右，正在报告其食物损失情况，包括低收入和中等收入国家（见图3-4）。然而，只有62个国家（32%）正在制定冷链图谱，以最小化食物损失。冷链图谱是指通过热敏或冷藏包装方法规划沿着供应链运输温度敏感产品的过程，并确保安全交付所需物流的过程（Rodrigue

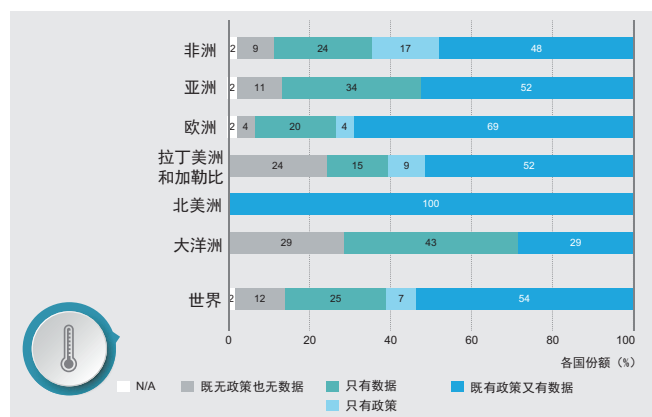


图3-3: 截至2023年5月，拥有（a）国家级制冷政策和（b）制冷可及性数据的各区域国家份额

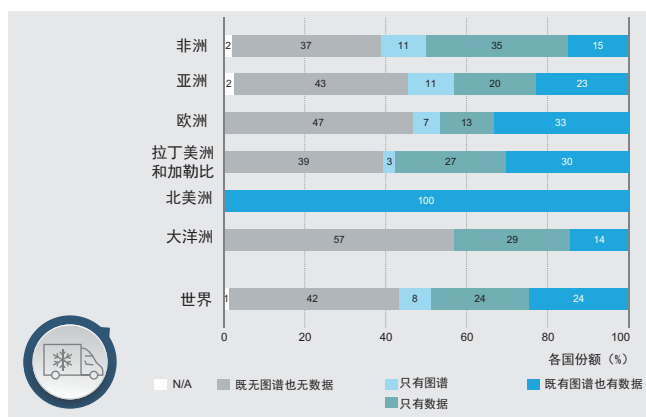


图3-4: 截至2023年5月，按地区划分，各国中（a）每年报告食物浪费的比例和（b）已经绘制冷链图谱以识别食物浪费和短缺风险的比例。

2020)。尽管在贫困和营养不良更为明显的地区改善冷链至关重要，但许多亚洲、非洲、欧洲和拉丁美洲的国家尚未制定冷链图谱或进行食物损失和短缺的评估。

一些国家已经在国家层面采取了最新的政策措施，以解决食物损失问题并评估冷链。举例来说，2015年，印度国家冷链发展中心进行了首次评估，发现冷藏运输和现代包装设施存在显著缺陷，促使将焦点从不加选择地投资于冷藏能力上转移到启动全面的端到端冷链系统（UNEP和FAO 2022年）。越南也已经采取了广泛的措施，制定了一个综合政策框架，旨在扩大制冷设备的获取同时减少排放（见专栏3-4）。

专栏3-4：案例研究：越南综合政策框架

越南一直致力于将制冷纳入其国家政策框架，将热应激和制冷能量需求作为重点领域。然而，在宣布在2022年格拉斯哥联合国气候变化大会（COP 26）实现净零排放之前，制冷并未被视为减排目标。自那时以来，越南通过《国家气候变化战略》（NCCS）将其制冷战略与净零目标对齐，旨在实现2050年净零排放。自然资源与环境部（MoNRE）进行了全面的温室气体评估，为越南制冷部门的长期减排路径提供了信息，并为空间制冷、食品冷链和制冷剂等各个领域提出了政策、技术和机构建议。

NCCS中的关键策略包括增强城市绿地覆盖以对抗极端高温，优先考虑高效的冷链基础设施以减少食物损失和能源排放，并实施最低能效标准和建筑法规。还鼓励采用创新融资模式，采用高效制冷设备、低碳建筑设计和被动制冷解决方案，以实现可持续的制冷获取，同时抑制能源使用和HFC消耗。

越南还正在制定一项国家绿色制冷计划，旨在覆盖被动制冷和主动制冷，与其2022年更新的国家和国际社会经济和环境承诺相一致，根据其更新的国家自主贡献（NDC），该贡献分析了2030年制冷部门的温室气体排放路径。更新后的NDC强调了制冷的关键性，考虑到来自空调和制冷副行业的排放。热浪和升温对公共健康和由于制冷而导致的能源消耗的影响是突出的优先事项。

越南通过《减少温室气体（GHG）排放和臭氧层保护的法令》（Decree No. 06/2022/ND-CP）采取了一种协同的气候行动方法，该法令将制冷的某些方面纳入了监管框架。MoNRE在GHG排放监测框架和清单中纳入了制冷方面。除了规范制冷剂消耗外，该部还将制冷纳入了减缓GHG排放的监管范围，其中：

大型冷链企业、公共和商业建筑（包括机场、办公楼、酒店、商场等）被要求报告年度温室气体排放，并采取措施减少排放。根据法令的执行框架，建设部将负责维护某些大型建筑类别（商业和公共建筑，总能耗为1,000吨以上石油当量）的温室气体清单。

包括建设部和工业贸易部在内的相关部委将颁布按照2022年NDC规定的2030年部门温室气体减排计划。制冷作为2022年NDC中的一个关键部门被纳入其中。

自2019年以来，世界银行的能源部门管理援助计划（ESMAP）的高效清洁制冷计划（ECCP）已在30多个国家资助了40多个技术援助活动，以支持可持续制冷解决方案在建筑和城市（空调制冷）、卫生（疫苗冷链）以及农业和渔业（食品冷链）等领域的推广。例如，ECCP资助的5亿美元的牲畜和乳制品发展计划支持了孟加拉国可持续牲畜和乳制品冷链的发展，该国不到10%的冷链操作得到了良好的发展。该项目对牲畜和乳制品部门的制冷需求进行了全面的诊断，并确定了潜在的可持续解决方案和政策建议（ESMAP 2023年）。

3.4 可持续制冷解决方案的市场准备度

供应链准备情况

为了成功进行技术过渡，行业必须准备好重塑其现有的制造体系，包括建立新组件和服务的供应商（Gereffi 1999；Sampson 2021）。通常情况下，拥有更多资源的大型企业更容易将新技术整合到其制造过程

中，而构成产品价值链的中小企业则面临更大的挑战（Jones Evans 1998；Andrews 2015）。旨在实现可持续制冷的政策和法规路线必须应对这种不匹配性。

如果能源效率政策的执行需要在制冷设备中使用高质量的组件，那么供应商确保这些组件以合理的成本可获得的能力将对确定是否能够实现效率目标至关重要。

价值链上的中小企业负责提供产品升级和整体效率与可负担性所需的关键组件。在没有繁荣的备件市场的情况下，更多制冷设备将面临过早报废，而在没有可修复性的情况下，最终用户将面临更高的拥有成本。在印度，中小企业通常制造空调单元的较小组件并提供维修服务，了解制冷剂转变的知识对企业能够投资培训基础设施至关重要（UNEP 2019a）。

旨在提高能源效率和进行含氟气体转变的政策和计划需要聚焦整个供应链，通过研究支持、与跨国公司的合作以及能力建设机制，使本地中小企业能够采用现代技术（Park et al. 2021）。国家和国际计划可以为中小企业提供资金，用于采用技术、以负担得起的价格获得质量、测试和认证基础设施，并加入工业升级计划（Dixit and Bhasin 2022）。

支持维修服务业

维修服务是确定可持续制冷解决方案市场准备度的关键因素，尤其是对于那些需要技术人员具备额外技能和安全协议的低全球变暖潜能（low-GWP）和天然制冷剂。在发展中国家，维修服务行业报告显示高耗用制冷剂（UNEP Ozone Secretariat 2022a），在印度，该行业占总制冷剂消耗的约40%（Ozone Cell 2019）。

《蒙特利尔议定书》的技术与经济评估小组（TEAP）估计，适当的维护和维修可以使设备性能提高50%（UNEP Ozone Secretariat 2018）。此外，有效的生命周期制冷剂管理（包括减少泄漏并促进回收、循环利用、回收和销毁）是减少温室气体排放的重要机会（参见第6.2节）。仅在印度，到2050年，有效的生命周期制冷剂管理可以减轻约20亿吨CO₂e的排放（Kumar et al. 2023）。

然而，拥有合格的技术人员来安装和维护系统可能对企业构成挑战。当前的全球维修服务市场通常涉及非正式工作（未经培训的技术人员提供安装和维护服务），这是由于合格技术人员短缺和消费者意识不足。因此，有必要升级或开发培训材料和方案，供职业机构和国家协会培训空调技术人员，使其掌握安装和维护具有低或零GWP的高效制冷系统所需的专业知识和技能。

出色的在线资源包括制冷剂驾驶执照和能源效率课程（American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers n.d.）。欧盟资助的一项研究发现，在食品和饮料行业培训员工进行节能方法可以提高工作

场所的节能效果。在15家公司的试点项目中，实现了490项能效措施，每年节省了554吉瓦时（是项目目标的五倍），避免了每年约13,500吨CO₂e的排放（CORDIS n.d.）。

在蒙特利尔议定书的实施和国家技能培训框架下，许多国家已经推出了维修服务行业的能力建设计划。调查结果显示，全球大多数国家（超过70%）在该行业向低GWP制冷剂过渡的过程中有激励或支持服务技术人员的计划。

鼓励女性在制冷设备服务行业追求教育和就业机会具有极高的发展潜力（IIR and UNEP 2022）。随着物联网在家电中的应用越来越广泛，以及对受过培训的技术人员需求的增长，该行业的工作多样性可能会扩大（Dixit, Bhasin 和 Janakiraman 2021）。女性可以扮演培训师以及管理这种数字化系统的后勤工作的角色。在发展中国家已经实施了试点活动，以解决文化和技术障碍，并鼓励该行业更大程度上实现性别多样性；然而，这样的行动需要加大力度。



消费者意识

提高消费者对设备选择和使用的认识是很重要的。缺乏对节能产品和高GWP制冷剂对环境影响的了解，是消费者投资新技术的重大障碍。通常情况下，消费者选择设备是基于前期成本而不是生命周期成本，他们通常不会考虑将设备的运行成本降至最低的方法，例如将冰箱门开度保持在最低限度，改善住宅的保温层，并为空调机组布置适当的恒温器设点。克服这种认识不足的一个办法是用当地方言开展教育运动，例如动画、短片和地方电视剧（UNEP 臭氧秘书处 2023b）。

（杨子旭、刘树荣、牛恒、肖寒松、李天成 译）

（未完待续……）

以旧换新政策红利逐步释放 制冷空调设备销售整体向好

2024年3月，我国出台了推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案。从国家税务总局获悉，4月至7月，全国企业设备更新稳步推进、消费品以旧换新政策效果显现，政策红利逐步释放。围绕推进新型工业化，我国加快落实重点行业设备更新改造。增值税发票数据显示，4月至7月，全国企业采购机械设备类金额同比增长6.4%。工业企业设备更新增速提升，4月至7月，工业企业采购机械设备类金额同比增长5.3%，较3月份提高6.4个百分点。其中，制造业采购机械设备类金额同比增长5.8%，较3月份提高6.8个百分点。

消费品以旧换新行动，重点围绕汽车以旧换新、家电产品以旧换新和家装消费品换新展开。其中，家电产品销售好转，家具、装修材料等家居产品销售整体向好，带动相关制造行业销售增长。4月至7月，制冷空调设备制造业销售收入同比增长4.3%，增速较3月份提高7.4个百分点。

（信息来源：中华人民共和国国家发展和改革委员会）



落基山研究所发布《碳中和背景下我国建筑领域发展的新机遇》报告（一）



碳中和背景下我国建筑领域发展的新机遇



2024.9

编者按：落基山研究所于2024年9月发布了《碳中和背景下我国建筑领域发展的新机遇》报告。报告详细分析了我国建筑领域碳排放的现状与趋势，从建筑用能脱碳、低碳建材推广、产业链绿色转型、公平普惠四个维度，全面梳理了建筑领域面临的新挑战与机遇，并提出相应的行动建议，旨在通过技术创新、政策引导和市场机制的协同作用，为我国建筑领域的碳中和转型提供支持。本刊后续将以连载的形式持续向大家推出与制冷相关的报告内容，以供业内广大读者了解相关知识。本期简要介绍报告中的重点内容，欢迎广大读者持续关注。

建筑领域作为我国能源消耗和碳排放来源的重要领域，在实现碳达峰、碳中和目标的过程中扮演着举足轻重的角色。2022年，我国建筑领域二氧化碳排放总量高达37亿吨，占全国二氧化碳排放总量的32%。尽管在过去十年内，我国建筑领域的碳排放总量已基本稳定，但随着人民生活水平的提高与社会发展，建筑领域仍需要在提升居住环境质量的同时降低碳排放。此外，建筑行业降碳也能为新型电力系统建设与上游工业产品的减排提供助力，并有助于将更高效、智能、健康的居住环境惠及更广泛的社会群体。因此，面对市场变化，建筑行业需转向高质量、低碳绿色的

发展模式，寻找新技术、新模式和经济增长点，以实现行业可持续健康发展。

基于上述洞察，报告结合我国建筑领域发展的最新政策动向和市场趋势，对碳中和背景下我国建筑领域的新机遇进行分析，并提出相应的行动建议。

建筑运行阶段脱碳的关键机遇：建筑用能灵活性提升与零碳供暖

建筑运行阶段的能源消费占我国总量的约21%，CO₂排放占全国总量的19.1%。从2010年到2022年，我

国建筑运行阶段的能源消费总量增长超过85%，CO₂排放总量增长约40%。在我国建筑运行阶段碳排放中，由取暖、炊事等带来的化石能源碳排放已达峰，而用电导致的排放则呈逐年上升趋势。因此，发掘建筑作为电力灵活性资源的潜力与供暖清洁化是建筑运行阶段减碳的最主要的机遇。

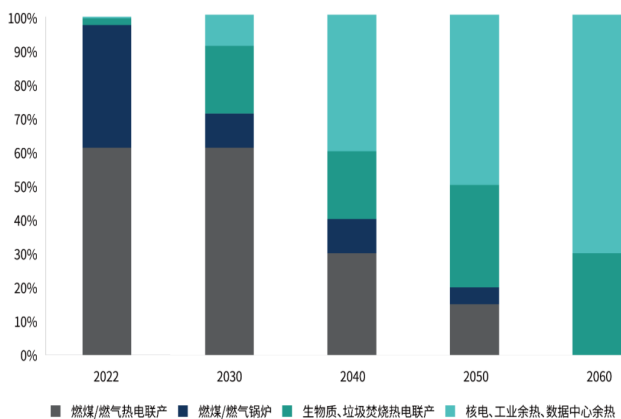
- 建筑行业的电气化率达到44.9%，在终端用能部门中最高，具有与电网互动的良好基础。

- 落基山研究所估算，充分挖掘建筑用能的灵活性潜力能够实现全国至少10%的电网峰值负荷削减，避免约5000亿元的电力系统建设额外投资，并实现至少2亿吨CO₂/年的减排。

- 北方集中供暖的脱碳路径应重视余热资源利用，短期可通过热电联产替代燃煤锅炉，长期则需解决跨季节储热、远距离输热和热泵技术综合应用的问题。

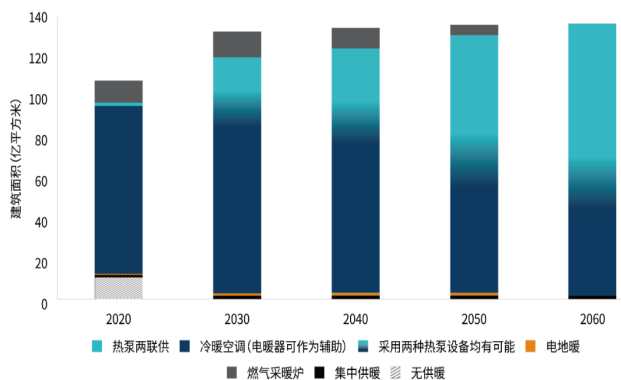
- 南方夏热冬冷地区的冬季供暖应以高效热泵推广为主体，首先在新建建筑中推广，未来逐步扩展到既有建筑的低碳改造中。

图 10 北方集中供暖系统零碳转型路径



来源：落基山研究所

图 11 夏热冬冷地区零碳供暖转型路径（以长三角为例）

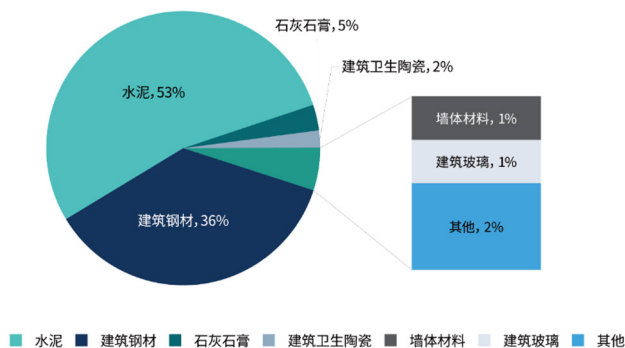


来源：落基山研究所

建筑隐含碳降低的关键机遇：钢筋水泥降碳与竹木结构推广

建筑隐含碳，即建筑材料的生产、运输到施工过程中的碳排放，是建筑领域脱碳的另一个重点。我国建筑领域隐含碳排放量约占全国总排放量的13%。我国建筑结构以钢筋混凝土为主，钢筋和水泥作为主要的结构材料，是建筑隐含碳最主要的来源。推动建筑工程采购低碳建材与推广竹木结构建筑是最主要的减碳机遇。

图 13 2020年主要建筑用材的碳排放构成



来源：落基山研究所，中国建筑材料联合会

- 在加快建立产品碳足迹管理体系背景下，将低碳指标纳入绿色采购和绿色建材评价。

- 落基山研究所估算，若在政府工程项目中广泛推广低碳混凝土，混凝土碳足迹可下降约22.5%、每年避免1.9亿吨CO₂排放。

- 仅在新建农宅一个领域，现代木结构建筑能形成约1500亿元的市场，可降低隐含碳约18.24吨CO₂/套农房，在全国范围可避免456万吨CO₂/年的排放。

技术与机制创新推动低碳建筑技术推广与产业链协同

在“双碳”目标引领下，新建绿色建筑与既有建筑节能降碳改造将成为未来十年建筑业发展的主要驱动力。建筑领域碳中和过程中应加快关键低碳、零碳、负碳技术与产品的商业化推广和技术集成。以产业链协同一体化、智能化、建筑标准化为代表的新模式，和以碳市场、绿色金融为代表的市场机制，都将成为推动技术推广和市场增长的重要驱动力。

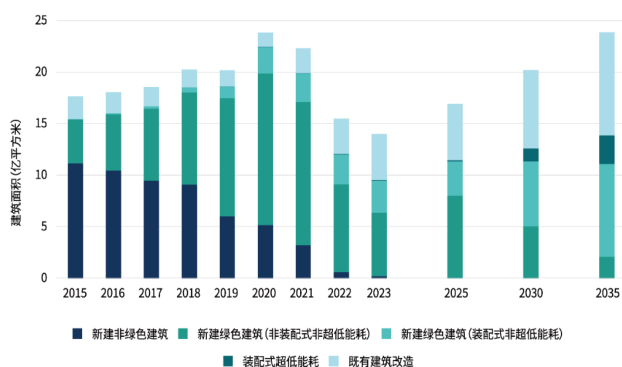
- 预计到2035年，我国每年新建建筑面积与既有建筑改造面积合计将达近24亿平方米，新建建筑占比降

低至58%，既有建筑改造占比升至42%，进入新建与改造平衡的状态。

- 新建建筑将实现100%绿色建筑，其中装配式建筑占比将达到85%，超低能耗建筑占比也将增至20%，得到较大增长。

- 落基山研究所分析了涵盖低碳建材生产、低碳建造、被动式节能、建筑设备节能、可再生能源和储能、建筑数智化、建筑废弃物回收和固碳等八大方面的76项建筑碳中和关键技术，平均成熟度达到4.8/6，56%的技术已经实现商业化应用但应用场景有限、竞争力仍不足。

图 21 2015-2035年我国新建建筑与既有建筑改造面积



来源：落基山研究所

建筑领域碳中和惠及更多城乡居民

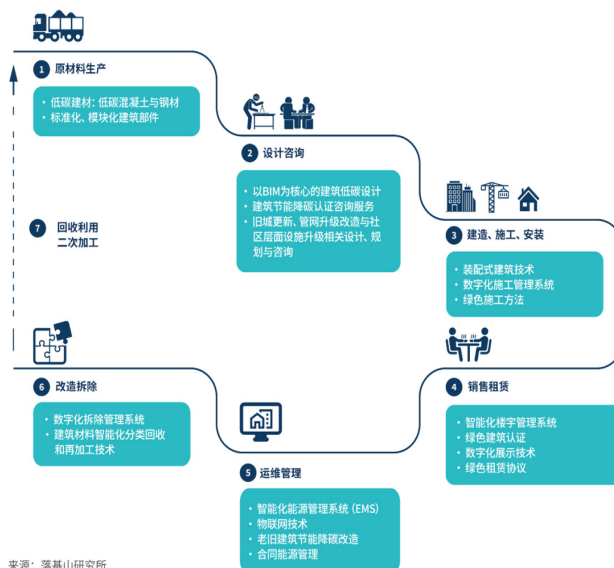
我国拥有全世界规模最大的保障房体系、规模最大的存量建筑以及数量庞大的农村住宅。保障性住房、老旧小区、农村住宅三类住房总面积达到近350亿平方米，占全国住房面积比例56.5%，居民总量约7.5亿人。随着保障性住房建设、旧城更新与乡村振兴的推进，碳中和技术在这三类住房中的进一步推广将带动居民生活质量提升，有力推动共同富裕与社会公平。

- 若全国保障性住房提升至二星级绿色建筑标准、全面采用装配式建筑并因地制宜发展超低能耗建筑，年减排量约4000万吨，惠及1300万居民，并创造约1.8万亿的市场。

- 老旧小区普遍节能水平低、能耗较高，尤其是围护结构保温能力较差。城镇老旧小区需采取因地制宜的低碳改造策略。

- 农村具备太阳能、生物质等丰富的可再生资源，农村建筑通过围护结构改造、可再生能源利用和低碳建材应用可以实现全生命周期脱碳。

图 25 建筑碳中和背景下建筑业产业链不同环节的关键行动



来源：落基山研究所

落基山研究所常务董事兼北京代表处首席代表李婷表示：“实现碳中和需要系统和公平的能源转型，建筑领域减排不仅对本行业具有重要意义，也能和电力、工业等部门实现协同减排，推动人民生活品质提升、共同富裕与社会公平，因此蕴含着无限机遇。通过技术创新、政策引导和市场机制的协同作用，我国建筑领域有望实现绿色、低碳、可持续发展，为‘双碳’目标和全球净零排放目标的实现做出积极贡献。”

未完待续……

（信息来源：落基山研究所）



冰轮环境助力第四代核反应堆建设关键部件研发成功



核电站的运行，安全是重中之重，精准控制的压力和温度条件是核电站安全运行的保障。近日，冰轮环境积极致力于环境控制与能源综合利用技术的持续创新，依靠丰富的传热经验和专业的研发实力，成功获得中核能源和清华大学核研究院的认可，中标商用高温气冷堆安全壳内屏蔽冷却水系统空冷器项目。

无动力空冷器是高温气冷堆堆芯屏蔽冷却水系统的关键部件，用于维持舱室内温度保持持续稳定。冰轮环境经过近一年的自主创新与试验研究，攻克多项技术难题，通过实验得出舱室空间温度分布、冷却器结构参数、自然对流换热系数等核心数据。项目采用壁挂式空冷器技术应用于高温反应堆舱室，于2024年

8月，模拟实际使用环境的试验台架及样机测试结果，成功通过中核能源、清华大学专家团队以及业主的共同验收，产品正式进入批量生产阶段。

高温气冷堆具有单模块功率小、可多模块组合、可电热氢水冷联产，易大规模推广等特点，具有工程技术先发优势的我国高温气冷堆必将迎来快速发展期。

在核电领域，冰轮环境除无动力空冷器技术以外，还可提供有关核岛冷却工艺和核能供热解决方案，核心技术包含核岛冷却、核电站建筑骨料冷却、冷却余热回收、水热同产同送（应用于核能利用海水淡化技术）、核能供暖大温差长输供热等。

2023年12月，华能石岛湾全球首座高温气冷堆核电站示范工程正式商运投产，作为我国具有完全自主知识产权的国家科技重大专项标志性成果，标志着我国在第四代核电技术领域达到世界领先水平。2024年3月，全国人大政府工作报告对第四代核电机组关键技术突破给予高度肯定。2024年8月19日，国务院常务会议决定核准五个核电项目，核电发展进入快车道。冰轮环境也将持续加大在核电领域关键部件的研发投入，协助我国第四代先进核能系统的全面推广，助力推动全球能源结构改善和安全运行。

（冰轮环境 供稿）

第二十二届“MDV 中央空调设计应用大赛”颁奖典礼在浙江湖州举行



10月22日，由暖通空调产业技术创新联盟、美的楼宇科技联合主办的第二十二届“MDV中央空调设计应用大赛”颁奖典礼在浙江湖州隆重举行。

第二十二届MDV设计大赛沿袭“设计生命建筑”的理念，秉持广泛参与与严格评审的原则，共设置285个获奖名额，总奖金池达87.6万元人民币。大赛自启动以来，历经3

一个多月，跨越国内29个分会场及海外8个国家和地区，从超过千份的全球投稿中甄选出461份进入最终角逐。在37位行业资深专家历经2天的严谨评判下，全球终审最终评选出获奖项目。这些项目均因独特的创新性和可靠的实效性项目脱颖而出，精彩展现了暖通空调设计领域的全新成就。值得特别关注的是，本届MDV设计大赛新增设了“高效制冷机房”与“节能改造”两大板块，以共同探析和解决大量既有建筑机房能效不高、碳排放量大等痛点为目的，吸引了众多专业人才参与。

江苏省建筑设计研究院股份有限公司与华东建筑设计研究院有限公司共同参与的“集团大厦冷热源机

房改造设计”项目，荣获专业组单项类节能创新奖。中南建筑设计院股份有限公司参与的“湖北省电力公司调度通信楼”项目，荣获专业组综合类金铅笔奖。在学生组别中，重庆大学参与的“城市碳中和建筑-成都海天集团研发总部暖通空调设计”项目，荣获学生组暖通设计类设计达人奖和达人指导奖。

MDV设计大赛的核心理念是推广中央空调领域的新技术和新产品，促进设计水平的提升和行业的整体发展。大赛自2002年创办共吸引了近8万参与者，收获超过数万余份设计方案，覆盖医疗卫生、轨道交通、工业园区、数据中心、商业服务等众多领域，其间的优秀作品已纷纷成为各行各业的标志性样板工程。

(美的楼宇科技 供稿)

第三届霍尼韦尔绿色发展峰会在南京举办 以新“碳”力推动能源转型



2024年10月22日，霍尼韦尔在南京举办“燃动新‘碳’力——第三届霍尼韦尔绿色发展峰会”。会上，霍尼韦尔发布了《拥抱能源转型 成就可持续未来》行业白皮书，并宣布推出绿氢催化剂涂层膜（CCM）技术和低全球变暖潜值氢氟烯烃（HFO）混合制冷剂Solstice® N15（R515B）。

由霍尼韦尔可持续发展研究院发布《拥抱能源转型 成就可持续未来》行业白皮书，深入分析了能源转型和零碳发展的现状与趋势，并更新了此前提出的六大能效理论体系，涵盖技术、可持续和资本三大维度。包括炼化企业在内的各排放大户依据这些理论，可以更有效地平衡业务需求，优化决策，提升生产力

和效率，增加投资回报。

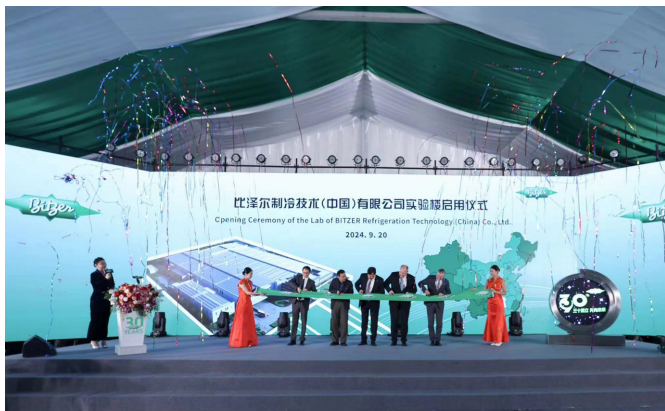
同时，针对中国市场快速增长的工业热泵需求，霍尼韦尔推出了低全球变暖潜值制冷剂Solstice® N15（R515B），可满足80~100℃的工业高温热泵需求，且在80~100℃范围内相比传统制热方式能效更高，有力推动工业高温热泵产业链的发展，并通过减少直接的碳排放助力工业的低碳转型和可持续发展。

在本次绿色发展峰会上，霍尼韦尔还展示了包括可持续航空燃料（SAF）、碳捕集（CCUS）、UpCycle工艺、高性能材料等多个领域的低碳技术，并且携手合作伙伴达成多项战略合作，共同推进可持续发展。其中，霍尼韦尔与海信家电集团股份有限公司签署战略合作备忘录，在双方现有的合作基础上，继续加速推动第四代氢氟烯烃制冷剂在工商制冷、工商空调等领域的应用，并将合作进一步扩大至亚太区域，助力制冷行业削减温室气体的排放。

(霍尼韦尔 供稿)



比泽尔中国研发大楼正式开始启用



2024年9月20日，比泽尔中国研发大楼正式启用，标志着比泽尔在技术创新道路上走出了坚实的一步。启用仪式上，比泽尔首席技术官Rainer Grosse-Kracht、经开区科技创新局局长蔡继征分别致辞。

比泽尔新的研发大楼总建筑面积超过5,000平米，购置制冷压缩机试验装置40套（台）：主要用于在比泽尔制冷压缩机研发设计过程中，针对产品制冷压缩机的性能、可靠性等参数进行试验验证，并依据试验数据完善优化制冷压缩机研发设计；同时，试验装置也用于项目建成后比泽尔对于本公司制冷压缩机的定期试验，从而保证研发设计的一致性。项目建成后的压缩机试验能力为1,000台/年，可以满足比泽尔公司

进一步提升在中国的本土研发技术能力，从而更好地服务中国市场，确保比泽尔压缩机研发设计满足国家标准、企业标准、图纸设计的需求。新的研发大楼增加了防爆测试台，特别针对涡旋压缩机应用R290和R32制冷剂做更为详细的性能测试。

“十四五”时期是立足新发展阶段，推进制造业绿色低碳转型和高质量发展的关键时期。比泽尔非常重视产品技术的研发和革新，同时也希望以此为契机，提高工厂的智能制造能力，以及促成绿色低碳建设的快速落地，从而为实现国家的“双碳”目标而做自己的努力。

（比泽尔中国 供稿）

《中国制冷简报》稿件征集启事

《中国制冷简报》是由中国制冷学会主办的反映制冷空调行业综合信息的刊物，每年六期，逢单月出版。

本刊主要读者分布于各专业设计院、大专院校、设备制造企业、专业工程公司、制冷空调使用单位及与制冷空调专业相关的各个行业。发行量为10000册/期。目前主要有企业专题，人物访问，行业信息，学会动态，技术论坛，产品介绍，资格认证，标准指南，科技创新，专利推广，国际交流，展会、学术会议信息等板块。为充分利用《中国制冷简报》这个交流平台、加强各单位间的信息沟通和业务联系，现征集行业内广大企业信息稿件，来稿应能反映我国制冷行业新发展、新气象。如新产品发布、新技术推广、专利发明、工作经验杂谈以及各类动

态新闻，凡学会团体会员均可免费刊登亦可指定单位内人员加入本刊通讯员，建立长期联系，定期提供、更新信息。

新闻稿件应真实、及时、简练扼要。学术论文稿件应立论科学、论据可靠、数字准确，并应为能公开发表的数据，如有引用文献资料需在文中标明。所有来稿均字数不限。

本刊反对一稿多投。根据著作权法的有关规定，编辑部对来稿有权做文字性和技术性的修改、删节。如有特殊情况请在稿件附言中注明。

稿件一经录用将酌情发放稿费。为了提高办公效率，本刊一律使用电子信箱投稿。

编辑部 E-mail: wfan@car.org.cn.

广告征集启事

《制冷学报》是经中国科学技术协会和国家科技部批准的由中国制冷学会主办的国家一级学术期刊，创刊于1979年，双月刊，大16开本。《制冷学报》主要反映制冷科技领域中低温与超导、制冷机器与设备、食品冷冻、冷藏工艺、冷藏运输、空调热泵、低温医学及器械等方面的科学技术研究与应用、科技动态和信息报道以及学术技术交流活动等。

《制冷学报》主要读者分布于各专业设计院、大专院校、设备制造企业、专业工程公司、制冷空调使用单位及与制冷空调专业相关的各个行业。发行量为6000册/期。对中国制冷学会理事、各专业委员会、各地方制冷学会、学会团体会员和个人会员均免费赠阅。

《中国制冷简报》是由中国制冷学会主办的刊登制冷空调行业综合信息的双月刊，逢单月出版，发行量为10000册/期。它着力于介绍中国制冷空调领域的各类信息，刊登行业新闻及科技文章，旨在推动科技创新，推广应用技术，报道行业动态，促进业内交流。

《中国制冷简报》主要读者分布于各专业设计院、设备制造企业、专业工程公司、大专院校、制冷空调使用单位及与制冷空调专业相关的各个行业。《中国制冷简报》刊登大量实用型信息，主要有企业纵览，行业信息，学会动态，技术论坛，标准指南，科技创新，专利推广，国际交流，展会、学术会议信息等内容。本刊在中国制冷学会主办的各类会议以及中国制冷展上广泛赠阅。

名称	广告版位	色彩	尺寸(宽×高)	价格	备注
《制冷学报》	封底	四色	210×285mm	12000元/期	
	封二	四色	210×285 mm	10000元/期	
	封三	四色	210×285 mm	9000元/期	
《中国制冷简报》常规刊	封面	四色	200×200 mm	15000元/期	无折扣
	封面折页	四色	210×2×285 mm	15000元/期	
	封二	四色	210×285 mm	9000元/期	
	封三	四色	210×285 mm	8000元/期	
	封底	四色	210×285 mm	10000元/期	
	首插页	四色	210×285 mm	8000元/期	
	目次前页	四色	210×285 mm	8000元/期	
	中心跨页	四色	210×2×285 mm	10000元/期	
	插页	四色	210×285 mm	5000元/期	——
《中国制冷简报》专刊 (不定期出版)	封面折页	四色	210×2×285 mm	25000元/期	无折扣
	封二	四色	210×285 mm	15000元/期	无折扣
	封三	四色	210×285 mm	15000元/期	无折扣
	封底	四色	210×285 mm	20000元/期	无折扣
	首插页	四色	210×285 mm	15000元/期	无折扣
	目次前页	四色	210×285 mm	15000元/期	无折扣
	中心跨页	四色	210×2×285 mm	20000元/期	无折扣
	插页	四色	210×285 mm	10000元/期	无折扣
中国制冷简讯微信公众号	开篇	四色	900px×300px	800元/条	40条/年
	文末	四色	900px×300px	600元/条	40条/年
《制冷学报》网站 (www.zhilengxuebao.com)	首页	四色	395px×112px	2500元/周 5000元/月 10000元/季 20000元/年	首页第二屏 可外链

欢迎国内外企业刊登各类广告，展示企业品牌形象，中国制冷学会单位会员在《制冷学报》《中国制冷简报》（常规刊封面及专刊除外）、中国制冷简讯微信公众号、《制冷学报》网站发布广告可以享受八折优惠。

联系方式：

联系人：范薇

电话：010-68463224

传真：010-68434679

邮箱：wfan@car.org.cn

联系地址：北京海淀区阜成路67号银都大厦10层；100142

CR 中国制冷展 2025
CHINA REFRIGERATION

CRH 2025

制冷·空调·暖通
HVAC&R



第三十六届国际制冷、空调、供暖、通风及食品冷冻加工展览会

THE 36TH INTERNATIONAL EXHIBITION FOR REFRIGERATION,
AIR-CONDITIONING, HEATING AND VENTILATION, FROZEN
FOOD PROCESSING, PACKAGING AND STORAGE



2025年4月27日至29日

APR 27-29, 2025

上海新国际博览中心

Shanghai New International Expo Centre

主办单位:



中国制冷学会



中国制冷空调工业协会



北京国际展览中心有限公司



上海市制冷学会



上海冷冻空调行业协会

支持单位:



北京国际商会

承办单位:



北京国际展览中心有限公司

电话: +86-10-64934668-617/611/610

传真: +86-10-64938558

网址: www.cr-expo.com

邮箱: xuelongyun@biec.com.cn

kanglu@biec.com.cn

zhouboyu@biec.com.cn



官方网站



官方微信



官方抖音

